



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

TRABAJO DE GRADO

CONFRONTACIÓN ENTRE IMPLEMENTAR EL CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN VS IMPLEMENTARLO DURANTE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO (INCUMPLIMIENTO). CASO DE ESTUDIO: EDIFICACIÓN DE OFICINAS EN BOGOTÁ D.C.

LUIS FELIPE PEÑUELA SARMIENTO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C

2021

TRABAJO DE GRADO

CONFRONTACIÓN ENTRE IMPLEMENTAR EL CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN VS IMPLEMENTARLO DURANTE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO (INCUMPLIMIENTO). CASO DE ESTUDIO: EDIFICACIÓN DE OFICINAS EN BOGOTÁ D.C.

LUIS FELIPE PEÑUELA SARMIENTO

Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Obras

Docente

MARIO ROLANDO BONILLA CORREA
ING. CIVIL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C

2021



Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>

Dedicatoria

El siguiente trabajo de grado se lo dedico a mis padres y hermanos quienes me han apoyado durante todo el proceso de formación a nivel personal y profesional, me han motivado a cumplir nuevas metas, enfrentar nuevos retos y superar las adversidades que se presentaron.

Agradecimientos

Le agradezco a Dios por darme la oportunidad de continuar con mis estudios académicos, permitiéndome mejorar como ser humano y como arquitecto; a mis profesores quienes con gran compromiso me transmitieron nuevos conocimientos y experiencias de sus labores en el área de la construcción, especialmente al Ing. Mario Bonilla, asesor de este proyecto; a mis compañeros, los cuales fueron el equipo ideal para desarrollar y cumplir satisfactoriamente con las asignaturas propuestas y por último, a la empresa Asiextintores S.A.S, representada en el Ing. José Bohórquez, quien me dio la confianza, el apoyo y el fundamento técnico para realizar este trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	4
1. GENERALIDADES	5
1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	5
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	6
1.2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	7
1.2.3. VARIABLES DEL PROBLEMA	7
1.3. JUSTIFICACIÓN	8
1.4. HIPÓTESIS	9
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GENERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. MARCOS DE REFERENCIA	11
4. METODOLOGÍA	20
4.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO	20
4.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	22
4.3 ALCANCE Y LIMITACIONES	23
5. PRODUCTOS A ENTREGAR	24
6. ENTREGA DE RESULTADOS E IMPACTOS	25
6.1 FASE I: RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	25
6.1.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	25
6.1.2 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD HUMANA Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO DE LA EDIFICACIÓN.	28
6.2 FASE II: DIAGNÓSTICO DE LA EDIFICACIÓN	30
6.2.1 CUESTIONARIO DE DIAGNÓSTICO	30
6.2.2 VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO	31
6.2.3 DIAGNÓSTICO DE LA EDIFICACIÓN	33
6.3 FASE III: DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA	36
6.3.1 SISTEMA DE EVACUACIÓN PARA DISCAPACITADOS	36
6.3.2 SISTEMA DE EXTINCIÓN – RED DE GABINETES	36
6.3.3 SISTEMA DE EXTINCIÓN – RED DE ROCIADORES	37
6.3.4 SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA.	37
6.4 FASE IV: PLANEACIÓN (ALCANCE, TIEMPO Y COSTO).	38

6.4.1	ESCENARIO 1: FASE CONSTRUCTIVA	38
6.4.2	ESCENARIO 2: FASE OPERATIVA	46
6.5	FASE V: CONFRONTACIÓN DE ESCENARIOS	55
6.6	¿CÓMO RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN?	58
7.	NUEVAS ÁREAS DE ESTUDIO	60
8.	CONCLUSIONES	61
9.	BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS		

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD DE USAQUÉN EN BOGOTÁ.....	15
FIGURA 2. DOCUMENTOS RELACIONADOS A LA SEGURIDAD HUMANA EN EDIFICACIONES, CLASIFICADOS POR AÑO.	17
FIGURA 3. DOCUMENTOS RELACIONADOS A LA SEGURIDAD HUMANA EN EDIFICACIONES, CLASIFICADOS POR PAÍS O TERRITORIO.....	17
FIGURA 4. TIPO DE DOCUMENTOS ENFOCADOS EN LA SEGURIDAD HUMANA EN EDIFICACIONES.....	18
FIGURA 5. DOCUMENTOS RELACIONADOS A LA SEGURIDAD HUMANA EN EDIFICACIONES, CLASIFICADOS POR ÁREA DE ESTUDIO.....	18
FIGURA 6. FASES DEL TRABAJO DE GRADO	20
FIGURA 7. PORCENTAJE DE EVALUACIÓN POR CRITERIO.....	32
FIGURA 8. PUNTAJE PROMEDIO POR JURADO Y EXPERTO.	32
FIGURA 9. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD HUMANA EN LA EDIFICACIÓN.....	34
FIGURA 10. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE LA EDIFICACIÓN DE ACUERDO A LA NORMATIVA EVALUADA (NACIONAL E INTERNACIONAL).	34
FIGURA 11. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE LA EDIFICACIÓN CON BASE EN LA CATEGORÍA EVALUADA.	35
FIGURA 12. EDT/WBS DEL ESCENARIO 1 (FASE CONSTRUCTIVA).....	39
FIGURA 13. EDT/WBS DEL ESCENARIO 2 (FASE OPERATIVA).....	47
FIGURA 14. ESTIMACIÓN DE TIEMPOS POR CAPÍTULO Y ESCENARIO.....	55
FIGURA 15. ESTIMACIÓN DE COSTOS POR CAPÍTULO Y ESCENARIO.....	56
FIGURA 16. CURVA S DE LOS ESCENARIOS 1 Y 2.....	56
FIGURA 17. IMPACTO EN EL ALCANCE, TIEMPO Y COSTO DEL PROYECTO.....	58

LISTA DE TABLAS

Pág.

TABLA 1. REQUISITOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.	9
TABLA 2. RIESGO DE LA EDIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA OCUPACIÓN.	13
TABLA 3. NORMATIVIDAD COMPLEMENTARIA A NIVEL NACIONAL.	13
TABLA 4. NORMATIVA APLICABLE SEGÚN LA NFPA.....	15
TABLA 5. CONDICIONES AMBIENTALES DE LA LOCALIDAD DE USAQUÉN.	16
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN.....	25
TABLA 7. CUADRO DE ÁREAS DE LA EDIFICACIÓN.	26
TABLA 8. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS ARQUITECTÓNICOS DE LA EDIFICACIÓN. ..	26
TABLA 9. INSTALACIONES Y REDES INTERNAS DE LA EDIFICACIÓN.....	27
TABLA 10. REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD HUMANA SEGÚN LA NORMATIVA NACIONAL. ..	28
TABLA 11. REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD HUMANA SEGÚN LA NFPA.....	29
TABLA 12. PERFIL DE LOS EXPERTOS	31
TABLA 13. PREGUNTAS CON INDICADOR MENOR A 0,80.	33
TABLA 14. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN PARA DISCAPACITADOS. ..	36
TABLA 15. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN MEDIANTE GABINETES.....	37
TABLA 16. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN MEDIANTE ROCIADORES	37
TABLA 17. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA.....	38
TABLA 18. DICCIONARIO DE LA EDT DEL ESCENARIO 1 (FASE CONSTRUCTIVA).	39
TABLA 19. DIAGRAMA DE GANTT DEL ESCENARIO 1 (FASE CONSTRUCTIVA).	42
TABLA 20. DIAGRAMA DE HITOS DEL ESCENARIO 1 (FASE CONSTRUCTIVA).	43
TABLA 21. PRESUPUESTO GENERAL DEL ESCENARIO 1 (FASE CONSTRUCTIVA).	43
TABLA 22. DICCIONARIO DE LA EDT DEL ESCENARIO 2 (FASE OPERATIVA).	47
TABLA 23. DIAGRAMA DE GANTT DEL ESCENARIO 2 (FASE OPERATIVA).	50
TABLA 24. DIAGRAMA DE HITOS DEL ESCENARIO 2 (FASE OPERATIVA).....	51
TABLA 25. PRESUPUESTO GENERAL DEL ESCENARIO 2 (FASE OPERATIVA).	52
TABLA 26. MATRIZ DE RESULTADOS DE LA PLANEACIÓN DE LOS ESCENARIOS 1 Y 2.	55
TABLA 27. MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS GENERALES POR ESCENARIO.....	57

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. AUTORIZACIÓN EMPRESARIAL.....	65
ANEXO B. CUESTIONARIO DE DIAGNÓSTICO DE LA EDIFICACIÓN EN ESTUDIO.	66
ANEXO C. JUICIO DE EXPERTOS Y VALIDACIÓN DE AIKEN.....	76
ANEXO D. DIAGRAMA DE GANTT – ESCENARIO 1 (FASE CONSTRUCTIVA).....	82
ANEXO E. DIAGRAMA DE GANTT – ESCENARIO 2 (FASE OPERATIVA).	114

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se basa en el dimensionamiento, análisis y confrontación a nivel de alcance, tiempo y costo, de la implementación de los requerimientos de seguridad humana y protección contra incendios, en una edificación de oficinas localizada en la ciudad de Bogotá, con base en la normativa nacional de obligatorio cumplimiento (NSR-10*) y las buenas prácticas establecidas a nivel internacional en el Código de Seguridad Humana (NFPA 101) de los Estados Unidos.

El desarrollo de la investigación se realiza a partir de la recopilación de la información planimétrica y normativa aplicable para la edificación en estudio, con la cual, se desarrolla un instrumento de diagnóstico en el que se evalúan las condiciones y el cumplimiento de la edificación con base en los parámetros establecidos de seguridad humana. Teniendo en cuenta el diagnóstico, se realiza el dimensionamiento de los sistemas y las obras civiles requeridas para garantizar la integridad de los usuarios, los bienes materiales y las propiedades físicas del proyecto, en caso de presentarse un evento de emergencia.

La confrontación a nivel de alcance, tiempo y costo, se elabora a partir del análisis de dos escenarios: El primero es la implementación de los requisitos de seguridad humana, durante la fase de construcción del proyecto y el segundo, la aplicación de los mismos, durante la fase operativa, es decir, cuando se presentó incumplimiento de la norma, con el fin de determinar las ventajas y desventajas de ambos escenarios en la ejecución de proyectos constructivos.

La investigación se desarrolla con el propósito personal de ampliar y fundamentar el conocimiento técnico, adquirido a través de la experiencia, y a su vez generar una conciencia social, frente al riesgo presente en una edificación por la inadecuada planeación y gestión de la implementación de los sistemas de protección contra incendios, ya que como lo indica Torres Bahamón y otros: “Contar con un sistema contra incendios es de vital importancia, pues le permite reducir el riesgo de pérdida de vidas humanas y minimizar las pérdidas económicas que trae consigo un incendio. Esto implica realizar una logística y planeación estructural total de una edificación” [1].

[1] ACOSTA, Rubén, GARCÍA, Alexander, ACOSTA, Catalina, LEÓN PULIDO, Jeffrey y TORRES BAHAMÓN, Hugo. Diagnóstico base para Organizaciones Asociadas rociadores y sistemas contra incendios en la Industria Colombiana, vol. 1, Bogotá: ANRACI Colombia, 2019, p.28.

* Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente de 2010.

1. GENERALIDADES

1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta las características e ideas planteadas en este documento, se determina la Gestión Integral y Dinámica de las Organizaciones como la línea de investigación del proyecto, en concordancia con las líneas definidas por la Universidad Católica de Colombia.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 [2] describe que toda edificación* debe cumplir de manera obligatoria con los requisitos de protección contra incendios de acuerdo al uso y el grupo de la ocupación. Sin embargo, en Bogotá, la estadística de recintos con protección certificada es baja, esto lo valida un estudio realizado por Osho Ingeniería [3], en el cual se concluyó que en el distrito capital el 95% de las edificaciones no posee un sistema contra incendios aprobado bajo el concepto técnico emitido por laboratorios certificados en consultoría de seguridad y calidad.

El incumplimiento por parte de las empresas constructoras en la aplicación del Código de Seguridad Humana, se debe principalmente a los costos de implementación de los sistemas, así como lo define Mocada “...en Latinoamérica el costo de los sistemas automáticos es un tema recurrente en las reuniones en las que se discute el diseño de los edificios y existe la tendencia a pensar que estos sistemas son muy costosos” [4], debido a esto, es habitual que se proyecte el dimensionamiento del plan de seguridad de una edificación, una vez se haya finalizado la construcción, sin embargo, la aplicación de los criterios de seguridad en periodos posteriores al desarrollo de la obra, puede generar mayores costos debido a las modificaciones que se deben realizar sobre la infraestructura actual, además del riesgo existente para los habitantes, usuarios y para las mismas propiedades físicas de la edificación durante el tiempo que no contó con un sistema de control en caso de emergencia, igualmente como lo indica Neira Rodríguez [5], los daños ocasionados por los incendios en las edificaciones del sector terciario

[2] Título J - Requisitos de protección contra incendios en edificaciones, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, Bogotá, 2010.

[3] DÍAZ PÉREZ, Vanessa. Los edificios en Bogotá no tienen sistemas certificados contra incendios. La República, 14 junio 2019, p. 1.

[4] MOCADA, Jaime. El costo de los rociadores automáticos. NFPA Journal en español, p. 1.

[5] RODRÍGUEZ NEIRA, José Antonio. Instalaciones de protección contra incendios, Madrid: Fundación Confemetal, 2008.

* Según la NFPA 101: “Es una construcción cuyo uso primordial es la habitación u ocupación por seres humanos”.

(Oficinas, salas de ventas, finanzas, entre otros) y en las industrias, generan pérdidas millonarias, sin contar con las consecuencias a nivel económico que se producen por el cese, parcial o total, de la actividad como consecuencia de los mismos.

1.2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El Código de Seguridad Humana en EE. UU [6], surgió a partir de la necesidad de proteger la vida del personal residente y flotante ubicado dentro de edificaciones. La primera edición de este código se publicó en 1912, con el objetivo de analizar las causas y consecuencias de aquellos eventos que generaron pérdida de vidas. Luego de esta primera versión, la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA, por sus siglas en inglés), desarrolló varios documentos que definen las condiciones y características de diseño para las edificaciones con el fin de mitigar el impacto en caso de presentarse un evento de incendio. La última actualización de la NFPA 101: Código de Seguridad Humana, se desarrolló en el año 2018, con el fin de incluir emergencias con materiales peligrosos, lesiones por caídas y comunicaciones en estado de alerta.

En Colombia, la seguridad humana en edificaciones está regulada por normas de obligatorio cumplimiento, siendo la NSR-10* la normativa de mayor importancia para el desarrollo de proyectos de construcción. Este reglamento fue expedido por medio del Decreto 926 de 19 de marzo del 2010 y determina en sus Títulos J – Requisitos de Protección Contra Incendios en Edificaciones y K – Requisitos Complementarios, el correcto dimensionamiento de espacios, circulaciones, salidas, materiales, sistemas de detección y extinción contra incendios, entre otros requerimientos, con el objetivo de asegurar la protección de los ocupantes, no obstante, el incumplimiento de estas directrices en la ejecución de proyectos, ha sido una de las causas principales que permite que eventos y emergencias en edificios culminen con la pérdida de vidas humanas y materiales, ya que según Mocada [7], las estadísticas del Departamento de Energía de los EE.UU, reportan que el 99% de los incendios que fueron controlados, se debe a la implementación de sistemas automáticos contra incendios.

Según el Gremio de la Protección Contra Incendios ANRACI Colombia:

Los sistemas de Protección Contra Incendios fundamentalmente: Salvan vidas, protegen la propiedad y el patrimonio de las personas y aseguran la continuidad de los negocios. Todo lo anterior, en el escenario de la ocurrencia de un incendio, donde los sistemas contra incendios se constituyen como el único elemento dentro de una edificación capaz de extinguir eficiente, segura y automáticamente un evento de esta

[6] ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO. NFPA 101. Código de Seguridad Humana, Quincy, Massachusetts, 2018, pp.5-8.

[7] MOCADA, Jaime. La Efectividad de los rociadores automáticos. NFPA Journal en español, p. 1.

* Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente de 2010.

naturaleza [8].

Sin embargo, las organizaciones carecen de suficiente información sobre la protección contra incendios y la normativa obligatoria que establece los criterios de seguridad humana en las edificaciones, por lo cual “no se tiene una conciencia clara frente al riesgo de Incendios” [8], ni un juicio adecuado en el momento de implementar los sistemas durante un proyecto constructivo, esto se evidencia en la falta de planeación, baja calidad de materiales y recurso humano, por lo cual, como lo indica Torres Bahamón:

Es necesario que los clientes cuenten con más información y estén más conscientes acerca de las tecnologías contra incendios, de esta forma será posible que realicen compras e inversiones dentro de un contexto de conocimiento, lo que les permitirá, por una parte, garantizar la seguridad de su infraestructura, y por otra, realizar inversiones acertadas maximizando el beneficio de las iniciativas adelantas [8].

Una adecuada planeación de la implementación de los criterios de seguridad humana en una edificación, garantiza la inversión y el cumplimiento de los tres objetivos de la protección contra incendio, los cuales son: La eficacia, fiabilidad y el costo-beneficio, siendo este el de mayor relevancia para los interesados (Usuarios y clientes). Según lo indica Mocada “los usuarios definen el éxito de un proyecto de protección contra incendio evaluando tres áreas: Se terminó el proyecto a tiempo; se finalizó dentro de su presupuesto; y se obtuvo lo que se había licitado originalmente” [9], por lo cual la valoración económica y eficiencia técnica del sistema al paso del tiempo es vital para determinar el costo-beneficio de este tipo de proyectos.

1.2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el impacto de la implementación de los requerimientos de Seguridad Humana* en edificaciones, durante la fase constructiva y la fase operativa (periodos posteriores a la finalización de la obra) en el alcance, tiempo y costo de un proyecto?

1.2.3. VARIABLES DEL PROBLEMA

La implementación de la Seguridad Humana, durante la fase de construcción y la fase operativa de la edificación en estudio, posee las siguientes variables:

[8] TORRES BAHAMÓN, Hugo. Cadena de valor de la protección contra incendios en Colombia. Segmentos, actores y estructura del sector, ANRACI Colombia, 2020.

[9] MOCADA, Jaime. Fiabilidad, eficacia y costo-beneficio en sistemas contra incendios, NFPA Journal en español, p. 1.

* Según TORRES, H. (2020): “Es el conjunto de técnicas aplicadas en las edificaciones que tienen por objetivo proteger a las personas, notificándoles oportunamente acerca de los incidentes que pueden presentarse y brindando medidas y rutas de evacuación seguras.”

- Nivel de cumplimiento actual de los requerimientos de seguridad humana en la edificación.
- Dimensiones del sistema de seguridad humana a partir de los parámetros normativos aplicables.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En Colombia, la seguridad humana en edificaciones ha avanzado a partir de la aplicación de parámetros y criterios de diseño basados en estándares internacionales de la protección contra incendios, reflejados en la normativa nacional como la NSR-10*. El desarrollo de nuevos conceptos, equipos y sistemas tecnológicamente avanzados, han permitido que se evalúen los riesgos y se asegure la integridad de los usuarios y los bienes materiales.

Sin embargo, el avance normativo y la creación de nuevos métodos de seguridad dentro de una edificación, se contrasta con el costo de su implementación, por lo cual, la protección contra incendios se interpreta como una alternativa y no como una obligación en los proyectos de construcción, donde solo se protege los recursos materiales y se omite el objetivo principal de la seguridad humana, el cual es: La protección de la vida, tal y como lo indica Bahamón: “el primer problema al que nos enfrentamos es que los colombianos falsamente creemos que las normas están proyectadas para protegernos y salvaguardar nuestros bienes, nos sentimos inmunes frente al riesgo de incendio”. [10]

Igualmente, la planificación y ejecución de los proyectos de seguridad humana en edificaciones, varían con respecto al momento oportuno en el que se deben implementar los sistemas, por lo cual, la presente investigación analiza y compara la aplicación de los requisitos de protección contra incendios, durante la fase constructiva y la fase operativa (periodos posteriores a la finalización de las obras), de un proyecto de oficinas localizado en la ciudad de Bogotá, con el fin de determinar las ventajas y desventajas de ambos escenarios y su impacto en el alcance, tiempo y costo del proyecto.

La edificación en estudio, no posee un sistema de seguridad humana acorde con los requerimientos establecidos en la norma, ya que la protección contra incendio del inmueble, se limita a la implementación de equipos de extinción manual y portátil ubicados en las zonas colectivas del proyecto, incumpliendo con los requerimientos establecidos por la NSR-10 para el Grupo de Ocupación Comercial (Oficinas, edificaciones administrativas, almacenes, centros comerciales y otros similares), la cual describe los requisitos que se presentan en la Tabla 1:

[10] TORRES BAHAMÓN, Hugo. Cadena de valor de la protección contra incendios en Colombia. Segmentos, actores y estructura del sector., ANRACI Colombia, 2020, p. 15.

* Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente de 2010.

Tabla 1. Requisitos de protección contra incendio.

GRUPO DE OCUPACIÓN COMERCIAL	
Normativa	Descripción
Título J.4.3.2.1 Rociadores Automáticos	Toda edificación debe estar protegida por un sistema, aprobado y eléctricamente supervisado, de rociadores automáticos, diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción en edificios, NTC2301 y con la Norma para Instalación de Sistemas de rociadores, NFPA 13.
Título J.4.3.2.2 Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción	Toda edificación debe estar protegida por un sistema de tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones, NTC 1669, y con el Código para Instalación de sistemas de tuberías verticales y mangueras.
Título J.4.3.2.3 Extintores de fuego portátiles	Toda edificación debe estar protegida por un sistema de extintores portátiles de juego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma Extintores de fuego portátiles, NTC 2885 y con la norma de extintores de fuego portátiles.
Título J.4.2.2.1 Detección y alarma	Las edificaciones deben estar protegidas por un sistema de detección y alarma contra incendio diseñado tomando como referencia la NFPA 72.

Fuente: Elaboración propia con base en la normativa nacional.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente documento se establecerán las características del sistema de seguridad humana para la edificación, basado en la información primaria suministrada por la empresa contratada para ejecutar el proyecto y la normativa aplicable, con la cual se garantice el cumplimiento de los requerimientos para la protección contra incendio de la edificación en estudio.

1.4. HIPÓTESIS

La implementación del Código de Seguridad Humana, durante la fase operativa de una edificación, incrementa el costo y el tiempo de ejecución del proyecto, comparado con la aplicación de dicho código durante la fase constructiva.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Confrontar la implementación del Código de Seguridad Humana en la fase de construcción, frente a la aplicación del mismo durante la fase operativa (incumplimiento) en un proyecto de oficinas localizado en la Ciudad de Bogotá.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un instrumento de diagnóstico (Cuestionario), validado por un juicio de expertos, en el que se evaluará el cumplimiento de los requisitos de seguridad humana en la edificación, de acuerdo con la normativa nacional e internacional vigente.
- Diagnosticar el cumplimiento de los requerimientos de seguridad humana de la edificación en estudio, bajo los parámetros normativos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y del Código de Seguridad Humana de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de los Estados Unidos (NFPA por sus siglas en inglés), mediante la aplicación del cuestionario.
- Establecer los sistemas requeridos para la implementación del Código de Seguridad Humana en la edificación evaluada, a partir de las planimetrías arquitectónicas existentes.
- Comparar el impacto a nivel de costos, tiempo y alcance de la aplicación del Código de Seguridad Humana durante la fase constructiva frente a la fase operativa del proyecto mediante matrices y gráficos comparativos.

3. MARCOS DE REFERENCIA

La Seguridad Humana son todos aquellos parámetros y requisitos técnicos, implementados con el objetivo de asegurar la integridad de los usuarios, notificándoles de manera oportuna, la presencia de un evento o situación de emergencia dentro de una edificación. Según la NFPA 101*: “La seguridad humana incluye aspectos de la construcción, protección y ocupación necesaria para minimizar el peligro para la vida humana causado por los efectos del fuego” [11].

Los requerimientos de seguridad humana se determinan mediante un análisis previo de las características, diseño, materiales constructivos, actividades y demás factores de riesgo, que puedan comprometer la vida de los ocupantes, con el fin de garantizar la evacuación segura por parte de los usuarios.

Según A. Pérez Guerrero: “Se considera que los ocupantes asignados a una salida deben poder traspasarla en un tiempo máximo de 2.5 minutos” [12]. Por lo cual, la Seguridad Humana, prolonga temporalmente, las condiciones seguras de un espacio, permitiendo la evacuación oportuna, la contención y extinción del evento, mediante la implementación de sistemas de protección activa y pasiva, como lo indica Gómez y Herrero:

Las medidas de protección frente a un incendio se pueden clasificar en pasivas y activas. Las primeras están encaminadas a facilitar la evacuación del edificio y a asegurar la contención del mismo dentro de un recinto hasta la llegada de los servicios de extinción... Las medidas activas comprenden las instalaciones de detección y los diversos sistemas de alarma, señalización y extinción [13].

La Fiabilidad es la probabilidad de adecuado funcionamiento de un sistema contra incendio, en el momento que se presente una emergencia. La fiabilidad aplica principalmente para los sistemas activos, los cuales deben detectar, anunciar y extinguir el conato, por lo cual, la calidad e implementación de equipos certificados y su respectivo mantenimiento es vital para garantizar un sistema fiable, así como lo indica Méndez Gómez: “Un factor que beneficia la seguridad de la institución es la confiabilidad de los sistemas de emergencia, los cuales deben de funcionar en el momento preciso y de manera eficiente ya que la falla de alguno, puede causar daños irreparables”. [14]

Al igual que la fiabilidad, el Costo-Beneficio es uno de los objetivos de la seguridad contra incendio, este concepto se define, como una evaluación lógica y análisis de

[11] ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO. NFPA 101. Código de Seguridad Humana, Quincy, Massachusetts, 2018, p. 27.

[12] GUERRERO, A. P. (1999). Cálculo estimado de vías y tiempos de evacuación. España.

[13] GÓMEZ, Cesar Martín y MAMBRILLA HERRERO, Natalia. La seguridad contra incendios y la arquitectura, Navarra, 2013.

[14] MÉNDEZ GÓMEZ, Luis. Mantenimiento a Sistemas Contra Incendio, México D.F, 2014.

alternativas, que permitan decidir, el momento ideal y el sistema viable según las características de las edificaciones. Según Mocada: “El sistema de protección contra incendios además de que debe ser fiable y eficaz, debe poder ofrecer esta protección a un coste razonable. A esto se le llama costo-beneficio, es decir la evaluación de la conveniencia de un sistema versus otras opciones, mediante su valoración en términos monetarios y de eficiencia técnica”. [15]

El Costo-Beneficio en la protección contra incendios de una edificación, está enmarcado en dos criterios: El costo y la durabilidad (tiempo), la primera hace referencia a la inversión inicial para el diseño, adquisición de equipos y materiales certificados, selección del personal capacitado, entre otros. Y la segunda, a la fiabilidad y eficacia del sistema con el paso del tiempo. Sin embargo, como lo indica M. Trávez [16], el riesgo, entendido como el valor de las pérdidas en una edificación por un evento de incendio, representa un criterio relevante para la determinación del Costo-Beneficio, ya que analiza la importancia del momento o fase del proyecto en el que se implementa el sistema de seguridad humana.

Los Sistemas de Protección Contra Incendios son muy parecidos a los airbags de los automóviles, están activos y funcionales todo el tiempo y solo se requiere de su operación en caso de emergencias, por ello, los materiales, componentes, diseños, montajes y mantenimiento deben obedecer a una norma técnica que garantice la operación eficaz de los sistemas en el momento en el que estos son necesarios [17].

A nivel nacional, los requerimientos normativos de seguridad humana en edificaciones han sido determinados mediante el decreto 926 de 2010 por el cual, “se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10” [18]. El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, define en su título J y K*, los parámetros específicos para la protección contra incendios, con el objetivo de asegurar la integridad de los usuarios, mediante el control adecuado de la emergencia según las categorías de riesgo y la clasificación de la ocupación, como se presenta en la Tabla 2:

[15] MOCADA, Jaime. Fiabilidad, eficacia y costo-beneficio en sistemas contra incendios, NFPA Journal en español, p. 1.

[16] TRÁVEZ PADILLA, Maria Augusta. Análisis Costo/Beneficio del Sistema de Prevención de Incendios en la Planta De Producción de una Industria Farmacéutica, Quito, 2012.

[17] TORRES BAHAMÓN, Hugo. Cadena de valor de la protección contra incendios en Colombia. Segmentos, actores y estructura del sector., ANRACI Colombia, 2020, p. 27.

[18] MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 926 de 2010, 19 03 2010. [En línea]. Disponible en: <https://ucatolica-leyex-info.ucatolica.basesdedatos.ezproxy.com/normativa/detalle/decreto-926-de-2010-12824/txt>. [Último acceso: 01 11 2020].

* Título J – Requisitos de Protección Contra Incendios en Edificaciones y Título K – Requisitos Complementarios.

Tabla 2. Riesgo de la edificación y clasificación de la ocupación.

Categoría	Ocupación	Características
I. Edificaciones con alto riesgo de pérdidas humanas o con alta amenaza de combustión.	Almacenamiento – Riesgo Moderado (A-1)	Bodegas, depósitos e industrias de cualquier magnitud que manejen madera, pinturas, plásticos, algodón, combustible o explosivos de cualquier tipo.
	Fabril e industrial – Riesgo Moderado (F-1)	
	Institucional – Salud o incapacidad (I-2)	Edificios de más de 10 pisos que no posea sistemas de extinción, detección y alarma contra incendio.
	Institucional – Seguridad pública (I-4)	
	Alta peligrosidad (P)	
II. Edificaciones de riesgo intermedio.	Institucional – Reclusión (I-1)	Ancianatos, bares, restaurantes, cárceles, oficinas, centros comerciales, guarderías, colegios, universidades, hoteles, museos, teatros, salas de cine y salones de reunión.
	Institucional – Educación (I-3)	
	Institucional – Servicio público (I-5)	
	Comercial – Servicios (C-1)	
	Comercial – Bienes (C-2)	
	Especiales (E)	Edificios de más de 10 pisos, que dispongan de sistemas de alarma contra incendio, visuales y sonoros e independientes entre sí y cuenten con rociadores de agua automáticos.
	Lugares de reunión (L)	
	Mixto y otros (M)	
	Residencial – Multifamiliar (R-2)	
III. Edificaciones con baja capacidad de combustión	Residencial – Unifamiliar y bifamiliar (R-1)	Edificaciones para viviendas con 10 pisos o menos, bodegas y edificios industriales no incluidos en la Categoría C.
	Almacenamiento – Riesgo bajo (A-2)	
	Fabril e industrial – Riesgo bajo (F-2)	

Fuente: Elaboración propia con base en la normativa nacional.

Igualmente, la NSR-10, describe los requisitos de acceso y salidas de emergencia, criterios para el control de la propagación del fuego hacia el interior y exterior de la edificación, niveles de resistencia de materiales y sistemas de extinción, detección y alarma contra incendio. Este reglamento se complementa con normas y resoluciones emitidas en periodos alternos, los cuales describen de una manera general, los requerimientos de seguridad humana y protección contra incendios en edificaciones, como lo muestra la Tabla 3:

Tabla 3. Normatividad complementaria a nivel nacional.

Autoridad	Norma	Alcance de la norma
Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Resolución 2400 de 1979, Título VI: De la Prevención y extinción de Incendios. Capítulo I. De la Prevención de Incendios. (22/05/1979)	Describe las condiciones de seguridad y requisitos de protección contra incendios en los establecimientos de trabajo.
	Resolución 2400 de 1979, Título VI: De la Prevención y extinción de Incendios. Capítulo I. De la Extinción de incendios. (22/05/1979)	Determina el sistema de extinción (automático y/o manual) requerido según las condiciones del área para garantizar la seguridad del trabajador.

Tabla 3. Continuación

Autoridad	Norma	Alcance de la norma
Ministerio del Interior	Ley 1575 de 2012 – Ley General de Bomberos de Colombia. (21/08/2012)	Define al equipo de bomberos, como la autoridad competente para la inspección y aprobación de los sistemas contra incendio a nivel Nacional.
Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.	NTC 1700 – Higiene y Seguridad. Medidas de Seguridad en Edificaciones. Medios de Evacuación. (03/03/1982)	Establece los parámetros para el dimensionamiento de las rutas de evacuación en edificaciones.
	NTC 1867 – Higiene y Seguridad. Sistemas de Señales Contra Incendio Instalación, mantenimiento y usos. (06/07/1983)	Describe los requerimientos de instalación, mantenimiento y uso de los sistemas de alarma contra incendio en edificaciones.
	NTC 1868 – Higiene y Seguridad. Detectores Automáticos de Incendio. Instalación y localización. (06/07/1983)	Describe los requerimientos de instalación y mantenimiento de los sistemas de detección automática.
	NTC 2050 – Código Eléctrico Colombiano. Sección 760. Sistemas de Alarma Contra Incendios. (25/11/1998)	Determina los requisitos para la instalación de sistemas de alarma contra incendios.
	NTC 1669 – Norma para la Instalación de conexiones de mangueras. (30/09/2009)	Define los requisitos para la instalación de sistemas de extinción manual contra incendios a partir de mangueras.
	NTC 2301 – Norma para la Instalación de Rociadores. (14/12/2011)	Define los requisitos para la instalación de sistemas de extinción automática contra incendios a partir de rociadores.
	NTC 2885 – Extintores de Fuego Portátiles. (23/10/1996)	Describe los requerimientos de instalación y mantenimiento de los equipos de extinción portátiles.

Fuente: Elaboración propia.

Según Torres Bahamón y otros [19], la NSR-10 y las NTC* para la seguridad humana y la protección contra incendios, están basadas en los requerimientos internacionales, definidos por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de los EE. UU (NFPA por sus siglas en inglés), siendo esta normativa, la de mayor aceptación en América, sin embargo, los requisitos nacionales, no contemplan las buenas prácticas descritas en las versiones actualizadas de la NFPA, por lo cual, dichos parámetros y criterios de diseño, serán aplicados durante la elaboración del diagnóstico, dimensionamiento y análisis de los sistemas de seguridad humana de la edificación en estudio, como lo muestra la Tabla 4.

[19] ACOSTA, Rubén, GARCÍA, Alexander, ACOSTA, Catalina, LEÓN PULIDO, Jeffrey y TORRES BAHAMÓN, Hugo. Diagnóstico base para Organizaciones Asociadas rociadores y sistemas contra incendios en la Industria Colombiana, vol. 1, Bogotá: ANRACI Colombia, 2019, p. 22.

* Normas Técnicas Colombianas.

Tabla 4. Normativa aplicable según la NFPA.

Autoridad	Norma	Edición actual
Asociación Nacional de Protección contra el Fuego	NFPA 1 – Código de fuego	2021
	NFPA 10 – Norma para extintores portátiles	2018
	NFPA 13 – Norma para la instalación de sistemas de rociadores.	2019
	NFPA 14 – Estándar para la instalación de sistemas de tubos verticales y mangueras.	2019
	NFPA 72 – Código Nacional de Alarma y Señalización de Incendios.	2019
	NFPA 101– Código de Seguridad Humana	2021

Fuente: Elaboración propia.

La edificación se encuentra localizada en la ciudad de Bogotá, en la zona centro de la localidad de Usaquén*, como se muestra en la Figura 1. Limita al norte, con los municipios de Chía y Sopo, al sur, con la localidad de Chapinero, al oriente, con el Municipio de La Calera y los Cerros Orientales y al occidente con la Localidad de Suba.

Figura 1. Ubicación de la Localidad de Usaquén en Bogotá.



Fuente: Elaboración propia con base en la ficha técnica de la localidad.

Según el Departamento Administrativo del Medio Ambiente [20], la localidad de Usaquén, posee las condiciones ambientales presentadas en la Tabla 5, las cuales son determinantes, para el dimensionamiento del sistema de protección contra incendios de la edificación.

[20] DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. Localidad 1: Usaquén - Ficha Ambiental, Bogotá, 2003.

* Localidad N°1 de la Ciudad de Bogotá, se ubica en la zona norte de la ciudad.

Tabla 5. Condiciones ambientales de la localidad de Usaquén.

Condición ambiental	Descripción
Área total	6.534 hectáreas
Altura	2600 – 3000 m.s.n.m
Clima	Frío subhúmedo
Temperatura - Promedio anual	14°C
Humedad relativa del aire - Promedio anual	72%
Velocidad del viento - Promedio anual	15 km/h

Fuente: Elaboración propia con base en la ficha técnica de la localidad.

Con base en el análisis de escenarios de riesgo por incendio estructural, desarrollado por IDIGER* y el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá [21], la localidad de Usaquén, ha presentado treinta eventos de emergencia, desde el primer semestre de 2017 hasta el 2019, siendo Santa Bárbara Occidental, Santa Ana y Toberín, las zonas con mayor incidencia. El aumento de la construcción de edificaciones superiores a los siete pisos, con uso de vivienda, centros empresariales, dotacionales, entre otros, es uno de los factores de incidencia por eventos de incendio en las zonas de estratos económicos altos, por lo cual, la seguridad humana en este tipo de proyectos, requiere del cumplimiento de los más altos estándares de calidad, teniendo en cuenta que estas construcciones poseen un alto número de ocupantes, tal y como lo describe IDIGER y el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá:

Los edificios de gran altura tienen una consideración especial desde el punto de vista de la protección contra incendios, que abarca desde el diseño del edificio hasta la actividad a desarrollar, la adecuada instalación de sistemas de protección contra incendios. Los edificios de gran altura cuentan, con un número de plantas inaccesibles desde el exterior, lo que producirá que tanto la evacuación del edificio como la lucha contra el incendio se efectúen desde el interior [21].

Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza una recopilación de las investigaciones realizadas en las áreas de ingeniería, gerencia de proyectos, entre otras, en las cuales se realice un análisis a nivel de costos y tiempo de la aplicación de los requerimientos de seguridad humana en edificaciones. Para el desarrollo de esta actividad, se utilizó como base de datos la plataforma SCOPUS, se definieron como patrones de búsqueda los siguientes conceptos: Management, Fire Protection, Building, Construction y se determinó como rango de tiempo de publicación los últimos cinco años, con lo cual se obtuvieron las siguientes estadísticas:

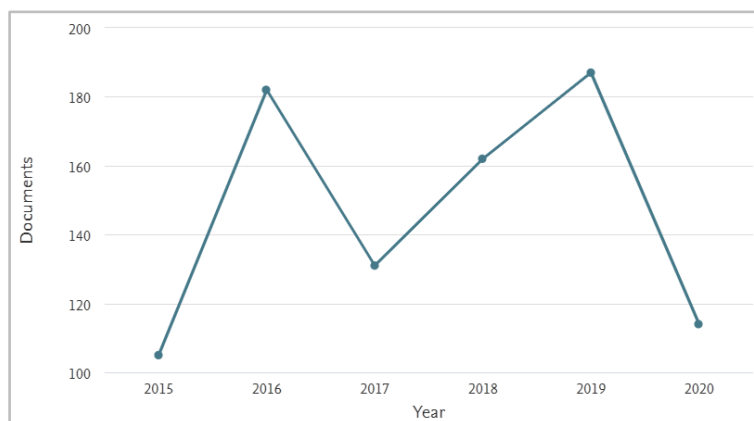
El 2019 es el año con mayor registro de documentos relacionados a la seguridad

[21] CONSEJO LOCAL DE GESTIÓN DEL RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO CLGR-CC. Plan Local de Gestión del Riesgo y Cambio Climático PLGR-CC, Bogotá, 2019.

* Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

humana en edificaciones, con un total de 187 publicaciones entre artículos, capítulos de libro y documentos oficiales; seguido del 2016, en el cual se realizaron 182 publicaciones. De los últimos cinco años, el 2015, ha sido el de menor cantidad de documentos, con un total de 105 artículos, como se presenta en la Figura 2:

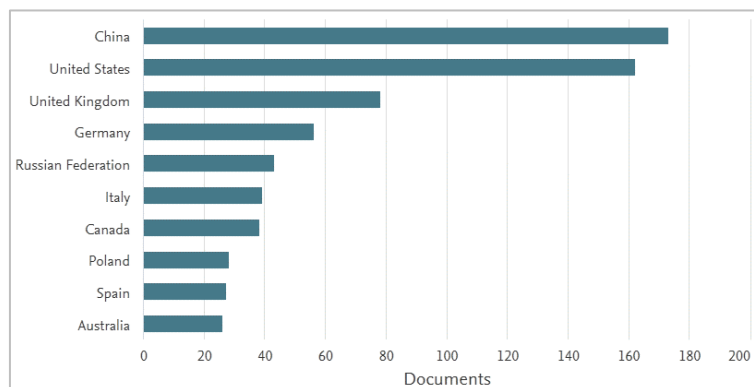
Figura 2. Documentos relacionados a la seguridad humana en edificaciones, clasificados por año.



Fuente. «Base de datos Scopus,» [En línea]. Disponible en: <https://ucatolica-decolombia.webex.com/recording/service/sites/ucatolicadecolombia/recording/play/7a7076d247e04c7d968998846dbd0039>. [Último acceso: 06 11 2020].

Como se evidencia en la Figura 3, China es el país en donde se desarrolla el mayor número de documentos basados en la seguridad humana en edificaciones, con un total de 173 publicaciones, seguido por Estados Unidos con 162 y Reino Unido, con 78.

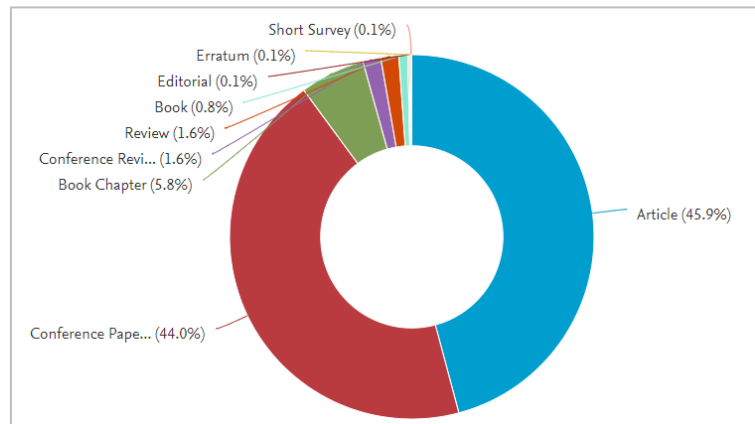
Figura 3. Documentos relacionados a la seguridad humana en edificaciones, clasificados por país o territorio.



Fuente. «Base de datos Scopus,» [En línea]. Disponible en: <https://ucatolica-decolombia.webex.com/recording/service/sites/ucatolicadecolombia/recording/play/7a7076d247e04c7d968998846dbd0039>. [Último acceso: 06 11 2020].

Según la base de datos Scopus, de las 881 publicaciones realizadas en los últimos cinco años, el 45.9%, correspondiente a 404 documentos, son artículos; el 44.0%, equivalente a 388 publicaciones, se desarrollaron a partir de una conferencia o sesión y el 5.8% corresponde a capítulos de libros, como lo muestra la Figura 4.

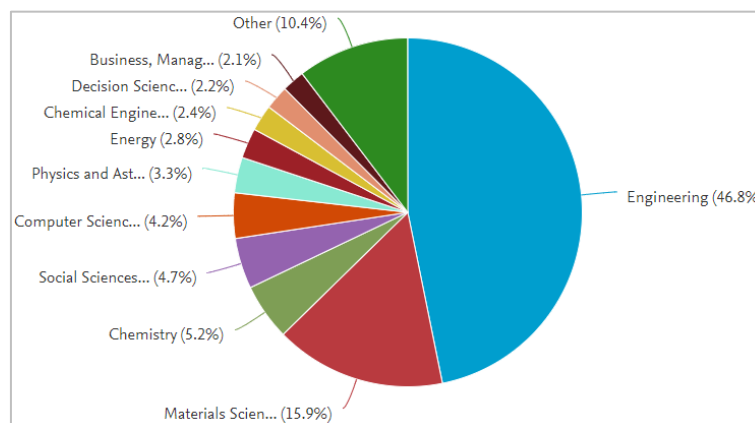
Figura 4. Tipo de documentos enfocados en la seguridad humana en edificaciones.



Fuente. «Base de datos Scopus,» [En línea]. Disponible en: <https://ucatolica-decolombia.webex.com/recording/service/sites/ucatolicadecolombia/recording/play/7a7076d247e04c7d968998846dbd0039>. [Último acceso: 06 11 2020].

Con base en los criterios de búsqueda, se determina que las áreas de mayor investigación con respecto al tema de seguridad y protección contra incendios, es la Ingeniería con 46% y la Ciencia de Materiales con un 44%. El área de negocios, Gestión y Contabilidad, posee un 2.1%, como se observa en la Figura 5.

Figura 5. Documentos relacionados a la seguridad humana en edificaciones, clasificados por área de estudio.



Fuente. «Base de datos Scopus,» [En línea]. Disponible en: <https://ucatolica-decolombia.webex.com/recording/service/sites/ucatolicadecolombia/recording/play/7a7076d247e04c7d968998846dbd0039>. [Último acceso: 06 11 2020].

A partir de la búsqueda elaborada anteriormente, se identifican tres documentos referentes, enfocados en el análisis de costos de la implementación de la seguridad humana en edificaciones, los cuales se describen a continuación:

El primer documento se titula: Evaluación Cuantitativa de Riesgos en Seguridad Contra Incendios, elaborado por G. Ramachandran y D. Charters, en el cual realizan un análisis de la estrategias cuantitativas, que permiten determinar la mejor opción, en el momento de definir la protección contra incendio en una edificación, analizando los riesgos y los costos de los mismos, ya que como lo definen los autores, “una evaluación cuantitativa es un primer paso esencial para realizar un análisis de costo-beneficio de estrategias alternativas de incendio para cumplir con las regulaciones y seleccionar la estrategia más rentable” [22].

La segunda investigación se titula: Análisis de costo-beneficio de rociadores residenciales – Aplicación de un método de valor de juicio, escrito por D. Hopkin. En este artículo, se elabora un CBA sobre la inversión en seguridad humana para una edificación residencial, incluyendo el valor J^* , como una herramienta que permite valorar el beneficio, al aumentar la calidad y el tiempo de vida mediante la mitigación de eventos de emergencia. Según Hopkin:

Es común que las agencias de todo el mundo realicen algún tipo de análisis de costo-beneficio (CBA) cuando proponen una inversión en una medida de seguridad. Dado que los recursos son limitados, el gasto en una medida de seguridad en particular reduce la disponibilidad de esos recursos para otras medidas. Debido a los recursos financieros limitados, una inversión en un esquema de seguridad requiere por lo tanto una compensación [23].

Por lo cual, el objetivo del documento es evaluar el beneficio neto de la implementación de la seguridad humana en la edificación en estudio. La tercera investigación, se denomina Análisis de riesgo de incendio en edificios, realizada por B. Meacham, D. Charters, P. Johnson y M. Salisbury, en el cual, evalúan mediante el análisis de riesgo, los impactos económicos de un incendio en una edificación, valorando aspectos como “aparición del edificio, capital, costos continuos, su funcionalidad diaria y, sobre todo, la comunidad o empresa a la que sirve” [24], ya que según los autores, un evento de este tipo “generalmente afecta la seguridad de la vida, la propiedad, la continuidad del negocio, el patrimonio, el medio ambiente o una combinación de estos” [24].

[22] RAMACHANDRAN, Ganapathy. y CHARTERS, David. Evaluación cuantitativa de riesgos en seguridad contra incendios, vol. 9780203937693, 2011, pp. 1-369.

[23] HOPKIN, Danny. Análisis de costo-beneficio de rociadores residenciales - Aplicación de un método de valor de juicio, Revista de seguridad contra incendios, vol. 106, pp. 61-71, 2019.

[24] MEACHAM, Brian, CHARTERS, David, JOHNSON, Peter y SALISBURY, Mateo. Análisis de riesgo de incendio en edificios, de Manual SFPE de ingeniería de protección contra incendios, Quinta Edición, Worcester, Massachusetts, 2016, pp. 2941-2991.

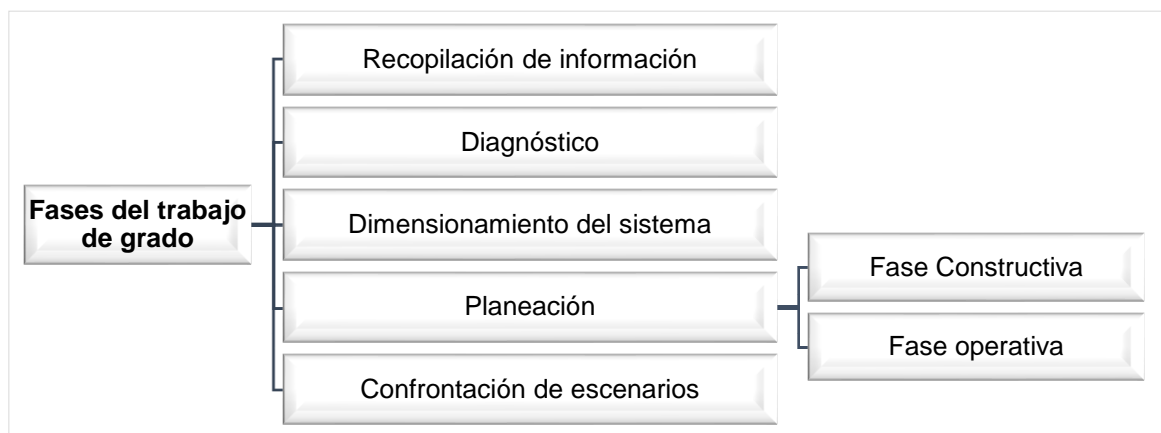
* Según Hopkin (2019): “Se basa en la aplicación del índice de calidad de vida, como un medio para valorar el beneficio de aumentar la esperanza de vida a través de la mitigación de consecuencias”.

4. METODOLOGÍA

4.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO

El trabajo de grado se desarrolla en cinco fases, con el fin de presentar un análisis comparativo entre la implementación de la seguridad humana durante la fase de construcción frente a la aplicación de la misma en periodos posteriores a la finalización de la obra, como se evidencia en la Figura 6.

Figura 6. Fases del trabajo de grado



Fuente: Elaboración propia.

Fase I: Recopilación de la información

- Recopilar la información planimétrica (Diseño arquitectónico) de la edificación en estudio.
- Identificar la normativa nacional de obligatorio cumplimiento, aplicable para la implementación de la seguridad humana en edificaciones.
- Identificar la normativa internacional (No obligatoria), con el fin de complementar los requerimientos normativos nacionales.

Fase II: Diagnóstico.

- Desarrollar el instrumento de diagnóstico (Cuestionario) basado en los requisitos normativos presentes en el Reglamento de Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y de la Asociación de Protección Contra el Fuego de los Estados Unidos (NFPA por sus siglas en inglés).
- Validar la información del cuestionario, mediante la aprobación de un juicio de expertos. Los criterios a evaluar son: a) Consistencia técnica, el instrumento debe evidenciar coherencia entre los criterios evaluados frente a los requerimientos normativos; b) Claridad y redacción, los ítems que componen el cuestionario deben ser comprensibles y deben poseer los términos adecuados

para el entendimiento del mismo; c) Relevancia, los criterios de evaluación deben ser esenciales para el desarrollo del diagnóstico; d) Suficiencia, los ítems deben pertenecer en una misma dimensión o categoría, garantizando un orden de evaluación.

- Consolidar y analizar las evaluaciones realizadas por los expertos a partir de la herramienta estadística “V de Aiken”.*
- Corregir el cuestionario en el caso que se presente puntos menores al 80% en la evaluación de los ítems mediante la herramienta “V de Aiken”.
- Realizar el diagnóstico actual de la edificación usando el instrumento validado por expertos y con los ajustes necesarios.
- Analizar los resultados obtenidos en el instrumento de diagnóstico.
- Presentar los resultados del diagnóstico.

Fase III: Dimensionamiento de los sistemas de seguridad humana.

- Dimensionar los sistemas requeridos para la implementación del Código de seguridad humana en la edificación, según la normativa.
- Definir las obras necesarias para el cumplimiento de los requerimientos normativos.

Fase IV: Planeación (Alcance, tiempo y costo).

Escenario 1 - Fase constructiva:

- Elaborar los entregables de la gestión del alcance: (Enunciado del alcance, EDT y diccionario de la EDT).
- Elaborar los entregables de la gestión del cronograma: (Diagrama de Gantt y diagrama de hitos).
- Elaborar los entregables de la gestión de costos (Presupuesto general).

Escenario 2 - Fase operativa:

- Elaborar los entregables de la gestión del alcance: (Enunciado del alcance, EDT y diccionario de la EDT).
- Elaborar los entregables de la gestión del cronograma: (Diagrama de Gantt y diagrama de hitos).
- Elaborar los entregables de la gestión de costos (Presupuesto general).

* Según ESCURRA (1988) el “V de Aiken”, es un coeficiente que se computa como la razón de un dato obtenido sobre la suma máxima de la diferencia de los valores posibles. Puede ser calculado sobre las valoraciones de un conjunto de jueces con relación a un ítem o como las valoraciones de un juez respecto a un grupo de ítem. (p. 107)

Fase V: Confrontación de los escenarios.

- Analizar el impacto a nivel de costos, tiempo y alcance de la aplicación del Código de Seguridad Humana en la fase constructiva y en la fase operativa del proyecto mediante matrices y gráficos comparativos.
- Elaborar las conclusiones que evidencien las ventajas o desventajas de la aplicación del Código de Seguridad Humana durante cada fase.

4.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Instrumento de diagnóstico

Para el desarrollo del trabajo de grado se elabora un instrumento de diagnóstico (Cuestionario), con el cual se evalúa el cumplimiento de los requerimientos de la seguridad humana en la edificación en estudio, basado en las normas enmarcadas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), y los parámetros internacionales establecidos por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA, por sus siglas en inglés). Los resultados del cuestionario, se tabulan para identificar el porcentaje de cumplimiento de la edificación frente a la normativa de seguridad humana.

Previo a la aplicación del instrumento, se realiza la validación de cada ítem mediante la aplicación de un juicio de expertos, conformado por cuatro profesionales con conocimiento en el desarrollo de obras de seguridad humana en edificaciones y experiencia en la dirección de proyectos. Los expertos evalúan el cuestionario en los siguientes aspectos: a) Consistencia técnica, el instrumento debe evidenciar coherencia entre los criterios evaluados frente a los requerimientos normativos; b) Claridad y redacción, los ítems que componen el cuestionario deben ser comprensibles y deben poseer los términos adecuados para el entendimiento del mismo; c) Relevancia, los criterios de evaluación deben ser esenciales para el desarrollo del diagnóstico; d) Suficiencia, los ítems deben pertenecer en una misma dimensión o categoría, garantizando un orden de evaluación.

Luego de la valoración por parte de los expertos, se realiza el análisis del cuestionario mediante la aplicación de la herramienta estadística “V de Aiken”, en la que se realiza la cuantificación de los valores asignados a cada ítem por parte de los especialistas. En el caso que el valor sea menor al 80% se debe replantear la pregunta, asegurándose que cumpla con los aspectos anteriormente descritos.

Herramientas: Software

Para el desarrollo de la investigación se implementarán los siguientes softwares:

- AutoCAD: Este programa de diseño, se utiliza durante la fase de

dimensionamiento de los sistemas de seguridad humana, con el fin de revisar la arquitectura y estructura actual de la edificación, identificar las áreas, características de los espacios, entre otros criterios que permitan determinar el tipo de sistema y las obras requeridas para cumplir con los requerimientos de seguridad establecidos por la normativa.

- Microsoft Excel: Este software se implementa durante la fase de diagnóstico y planeación, para la organización de la información, tabulación, elaboración de gráficos estadísticos y el desarrollo de presupuestos.
- Microsoft Project: Este programa se utiliza en la fase de planeación, para la elaboración del cronograma de obra de los escenarios planteados para la implementación de los sistemas de seguridad humana.

4.3 ALCANCE Y LIMITACIONES

El alcance del trabajo de grado es la elaboración de un documento de investigación, en la que se evidencie la confrontación entre la implementación del Código de Seguridad Humana durante la fase de construcción frente a la aplicación del mismo en la fase operativa (incumplimiento) de un proyecto de oficinas localizado en la ciudad de Bogotá, partiendo del desarrollo de un diagnóstico que evalúe las condiciones actuales de seguridad humana en la edificación; un dimensionamiento de los sistemas necesarios para el cumplimiento de los requerimientos planteados en las normas técnicas nacionales e internacionales y un análisis a nivel de costo, tiempo y alcance bajo los parámetros de la guía PMBOK, finalmente comparados mediante la elaboración de una matriz y gráficos comparativos, en los cuales se evidencien las características de cada escenario.

Los aspectos que no están contemplados dentro del alcance del proyecto son: El desarrollo planimétrico, memorias, especificaciones técnicas y demás documentación relacionada al diseño detallado de los sistemas de protección contra incendio y seguridad humana para la edificación en estudio; la elaboración de procedimientos y modelos de gestión plasmados en la guía PMBOK que nos están planteados en la metodología de investigación del presente documento y todos aquellos aspectos no mencionados en el título, ni en los objetivos.

5. PRODUCTOS A ENTREGAR

El presente trabajo de grado presentará los siguientes productos:

- Un documento de investigación en el que se evidencie el planteamiento, análisis y conclusiones de la confrontación entre implementar el Código de Seguridad Humana en la fase de construcción frente a la aplicación del mismo durante la operación del proyecto, teniendo como estudio de caso, una edificación de oficinas localizada en la ciudad de Bogotá.
- Un cuestionario de diagnóstico en el que se evalúen las condiciones actuales de la edificación en estudio, teniendo en cuenta los requerimientos de seguridad humana planteados en la normativa nacional e internacional.
- Una presentación mediante diapositivas, en la que se explique el desarrollo y resultados de la investigación y su importancia en la gerencia de obras.

6. ENTREGA DE RESULTADOS E IMPACTOS

6.1 FASE I: RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

6.1.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

La edificación en estudio es una torre de oficinas de siete niveles, localizada en la zona Norte de la ciudad de Bogotá. Posee un área total de 25,955m² aproximadamente, distribuidos en parqueaderos, locales comerciales, oficinas, zonas comunes, balcones y terrazas, cada nivel posee una altura que oscila entre los tres y cinco metros. En la Tabla 6, se presentan las características generales del edificio:

Tabla 6. Características generales de la edificación.

Característica	Descripción	
Área	25.955,92 m ²	
Pisos	7	
Altura	27,8 m	
Estrato	5	
% de área común	35,03%	
% de área privada	64,97%	
Tipo de uso	Servicios (Oficinas y comercio)	
Número de Oficinas	97	
Número de Locales Comerciales	6	
Sótanos	3	
Número de parqueaderos	Privados	210
	Públicos	97

Fuente: Elaboración propia con base en las especificaciones técnicas de la edificación.

Áreas del edificio:

La edificación cuenta con un área total de 495,40m² para locales comerciales, 12.167,3m² para oficinas y el restante está conformado por zonas de circulación, servicios, parqueaderos, terrazas, entre otros. Posee un acceso principal para el acceso vehicular y peatonal localizado en la zona occidental del predio, la circulación vertical se centraliza en dos puntos fijos, conformados por escaleras con acabado en concreto y ascensores de alta tecnología, con capacidad aproximada de 1.200kg (15 personas). El inmueble cuenta con una cubierta transitable con zonas de permanencia, zonas verdes y vegetación.

En la Tabla 7, se presenta el cuadro de áreas de la edificación en estudio:

Tabla 7. Cuadro de áreas de la edificación.

Piso	Locales Comerciales	Oficinas	Circulaciones, servicios, puntos fijos y parqueaderos	Zonas colectivas (auditorios, estar, cafetería, etc.)	Área total por piso
Sótano 1	-	-	2.994,82 m ²	-	2.994,82 m ²
Sótano 2	-	-	2.994,82 m ²	-	2.994,82 m ²
Sótano 3	-	-	2.994,82 m ²	-	2.994,82 m ²
Primer Piso	495,40 m ²	381,10 m ²	754,40 m ²	314,23 m ²	1.945,13 m ²
Segundo Piso	-	1.961,94 m ²	517,36 m ²	-	2.479,30 m ²
Tercer Piso	-	2.015,03 m ²	517,36 m ²	-	2.532,39 m ²
Cuarto Piso	-	2.126,78 m ²	517,36 m ²	-	2.644,14 m ²
Quinto Piso	-	13.830,6 m ²	517,36 m ²	-	2.348,03 m ²
Sexto Piso	-	1.842,45 m ²	517,36 m ²	-	2.359,81 m ²
Séptimo Piso	-	2.009,33 m ²	517,36 m ²	-	2.526,69 m ²
Cubierta	-	-	135,97 m ²	-	135,97 m ²
Área Total					25.955,9m²

Fuente: Elaboración propia con base en el diseño arquitectónico del edificio.

Sistema estructural:

El sistema estructural está compuesto por un sistema convencional aporticado conformado por vigas y columnas en concreto reforzado y placas de entrepiso aligeradas permitiendo espacios libres, adaptables y progresivos. La cimentación es de tipo combinada, conformada por una placa y vigas de contrapiso soportadas en pilotes de concreto reforzado pre-excavados.

Sistemas arquitectónicos:

La arquitectura de la edificación se basa en espacios amplios, iluminados naturalmente y ventilados que generen confort para la población residente y visitante, en la Tabla 8, se muestran las características generales de los sistemas arquitectónicos del edificio:

Tabla 8. Características de los sistemas arquitectónicos de la edificación.

Sistema	Descripción
Fachadas	Fachada de tipo flotante, con ventanería en aluminio, color negro y paneles de vidrio polarizado. Muros con remate en granito. Retrocesos y sustracciones utilizadas como balcones y terrazas que vinculan las zonas colectivas con el exterior de la edificación.
Circulaciones verticales	Dos puntos de escaleras de evacuación interna, con acceso a los siete niveles superiores y los tres sótanos, con acabado en concreto afinado. Cuatro ascensores con capacidad de 1.200kg (15 personas). Un ascensor negativo (Conexión entre el primer nivel y los sótanos), con capacidad de 640Kg (8 personas) para acceso de visitantes.

Tabla 8. Continuación.

Sistema	Descripción
Cerramientos y divisiones internas	Muros livianos en superboard con acabado en vinilo blanco para divisiones internas en oficinas. Muros en bloque, con estuco y acabado en vinilo blanco en la zona de locales comerciales y en las divisiones entre áreas colectivas y oficinas.
Acabados arquitectónicos	Pisos en cerámica y madera. Muros con acabado en pintura blanca en la zona comercial y de oficinas. Muros con acabado en granito o paneles de madera en las zonas colectivas.
Cubierta Transitable	Placa en concreto aligerada, con terminados en madera. Posee zonas verdes, cafetería y mobiliario para exteriores.
Enchapes	Instalado en las zonas de servicios (baños, cuartos de aseo y cafetería). Material: Cerámica
Pisos y Cielo rasos	Pisos con acabado en granito para las zonas comunes. Pisos en concreto para las zonas privadas (Oficinas y Locales comerciales), acabado final según el criterio y requerimientos del propietario. Cielo raso en drywall en las zonas colectivas.

Fuente: Elaboración propia con base en las especificaciones técnicas de la edificación.

Instalaciones y redes internas:

La edificación posee instalaciones de tipo eléctrico, hidrosanitarias, de gas, de ventilación y de protección contra incendio como se observa en la Tabla 9:

Tabla 9. Instalaciones y redes internas de la edificación.

Sistema	Descripción
Redes contra incendio	Tuberías en acero al carbón, pintura roja, con revestimiento en zinc por inmersión en caliente (Galvanizado). Sistema de gabinetes Clase III (Salidas de 2-1/2" y 1-1/2") para personal capacitado y para uso del cuerpo de bomberos. Sistema de extinción portátil (Extintores). Conexiones siamesas en primer nivel. Tanque de reserva de agua de 300m ³ .
Redes eléctricas	La edificación posee dos plantas eléctricas con capacidad de 1000KVA para zonas privadas y 800KVA para área colectivas.
Redes Hidráulicas y sanitarias	Suministro de agua potable por medio de un sistema booster (Hidroneumático). Sistema de eyección de aguas residuales. Tubería en PVC para redes de agua caliente y fría.
Redes de gas	Puntos de gas habilitados para la zona de cafetería y en los locales comerciales.
Ventilación	Cada oficina y local comercial, posee un punto de aire acondicionado conectado a los equipos de ventilación localizados en la cubierta de la edificación.

Fuente: Elaboración propia con base en las especificaciones técnicas de la edificación.

6.1.2 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD HUMANA Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO DE LA EDIFICACIÓN.

Los requerimientos generales de seguridad humana se determinan de acuerdo a la normativa nacional, como se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10. Requerimientos de seguridad humana según la normativa nacional.

Normativa	Referencia	Requerimiento general
Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10	Título J. Requisitos de protección contra incendio en edificaciones.	La edificación debe garantizar un acceso adecuado para el personal de emergencia.
		La edificación debe prevenir la propagación del fuego hacia las zonas exteriores.
		La edificación debe prevenir la propagación del fuego hacia las zonas interiores mediante compartimentaciones resistentes al fuego.
		El edificio deberá poseer mínimo un punto fijo de evacuación, que conecte todos los niveles hasta la zona de evacuación.
		El edificio debe estar diseñado de tal forma que facilite el ingreso, egreso y la evacuación de emergencia de personal con movilidad reducida.
		Se debe proveer de materiales para acabados interiores con bajo índice de propagación de llama.
		Teniendo en cuenta las características de la edificación y la clasificación de las edificaciones, el subgrupo de ocupación Comercial – Servicios (C-1), debe poseer un sistema de protección contra incendios conformado por: <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de rociadores automáticos. • Sistema de gabinetes o tomas fijas de agua para bomberos y mangueras. • Sistema de extinción portátil. • Sistema de detección y alarma
	Título K. Requisitos Complementarios.	La edificación deberá disponer de un número de salidas proporcional a la cantidad de ocupantes por nivel.
		El edificio debe poseer un sistema de señalización, iluminación y notificación, que permita identificar las salidas de emergencia.
		La edificación deberá poseer de rutas de evacuación y accesos para la población discapacitada.
Resolución 2400 de 1979	Título VI. De la prevención y extinción de incendios.	Los establecimientos de trabajo en donde se presente riesgos por incendio dispondrán de salidas de emergencia correctamente distribuidas en la edificación.
		Los espacios o áreas comunes de la edificación, locales, pasillos, accesos, terrazas, etc., deberán estar libres de residuos o demás elementos inflamables.

Tabla 10. Continuación.

Normativa	Referencia	Requerimiento
Resolución 2400 de 1979	Título VI. De la prevención y extinción de incendios.	Todo espacio de trabajo contará con equipos de extinción portátiles adecuados de acuerdo a la actividad y el riesgo de la zona.
		En los espacios de trabajo con riesgo por incendio se dispondrá de un sistema de rociadores automáticos y de una red de tomas fijas de manguera (Gabinetes).
		La edificación deberá poseer equipos de extinción con acabado en pintura roja, que garantice fácilmente su ubicación.
		El edificio deberá poseer un sistema de alarma de activación automática y manual.

Fuente: Elaboración propia con base en la normativa nacional.

Igualmente, en la Tabla 11, se presentan los requerimientos generales de acuerdo con la normativa internacional establecida por la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA, por sus siglas en inglés), como sigue:

Tabla 11. Requerimientos de seguridad humana según la NFPA.

Normativa	Referencia	Requerimiento general
Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego	NFPA 101. Código de seguridad humana.	La edificación debe garantizar medios de egreso seguro, pero la evacuación de los ocupantes en caso de una emergencia.
		El edificio debe contar con un sistema de detección y extinción para la protección contra incendio diseñado de acuerdo al riesgo y la clasificación de la ocupación.
	NFPA 10. Norma para extintores portátiles.	La selección de extintores para una situación dada debe ser determinada por los siguientes factores: 1) Clases de fuego. 2) Dimensiones del fuego con mayor probabilidad de producirse. 3) Riesgos presentes en el área. 4) Condiciones de temperatura del ambiente.
		Los extintores portátiles deben ser instalados como una primera línea de defensa para hacer frente a fuegos de dimensiones limitadas.
		La selección de extintores no debe depender de si el edificio está o no con sistemas de extinción fija.
	NFPA 13. Norma para la Instalación de sistemas de rociadores.	Los rociadores deben estar instalados en la totalidad de las instalaciones.
		Los rociadores deben estar instalados de manera que no se exceda el área de protección máxima por rociador.

Tabla 11. Continuación.

Normativa	Referencia	Requerimiento general
Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego	NFPA 13. Norma para la Instalación de sistemas de rociadores.	Los rociadores deben estar posicionados y ubicados de manera que su desempeño sea satisfactorio con respecto al momento de activación y la distribución.
	NFPA 14. Estándar para la instalación de sistemas de tubos verticales y mangueras.	La cantidad y disposición de los equipos de mangueras serán determinados por las condiciones locales tales como la ocupación, carácter, construcción del edificio y su accesibilidad.
	NFPA 72. Código Nacional de Alarma y Señalización de Incendios.	Los equipos del sistema deben ser aprobados y certificados por la autoridad competente.
		Los equipos deben ser instalados de manera que garanticen la cobertura de la edificación.
		Los equipos deben ser instalados en lugares en los que las condiciones no excedan los límites de voltaje. Temperatura y humedad especificados en las instrucciones publicadas del fabricante.

Fuente: Elaboración propia con base en la normativa internacional (NFPA).

6.2 FASE II: DIAGNÓSTICO DE LA EDIFICACIÓN

6.2.1 CUESTIONARIO DE DIAGNÓSTICO

El cuestionario de diagnóstico (Ver Anexo B) está conformado por un total de 100 ítems, con las cuales se evaluará el cumplimiento de los requerimientos de seguridad humana a partir de las características y la clasificación del edificio.

Criterios de evaluación:

- El cuestionario evaluará la edificación porcentualmente.
- Si el edificio evaluado cumple con el requisito normativo descrito en el ítem, se le asignará 1 punto. El puntaje final corresponderá a la sumatoria de todos los puntos.
- En el caso que la pregunta no aplique a las características del edificio no será contemplada dentro de la evaluación.
- El puntaje final se expresará de manera porcentual y se clasificará dentro de los siguientes rangos, determinado el nivel de cumplimiento de la edificación: Muy bajo (0 a 20%), bajo (21% a 40%), medio (41% a 60%), alto (61% a 80%) y muy alto (81% a 100%).

Contenido del cuestionario:

El cuestionario está dividido en dos secciones, el primero, conformado por los requerimientos identificados en la normativa nacional: Clasificación de la ocupación, accesos a la edificación, prevención de la propagación del fuego hacia el exterior,

prevención de la propagación del fuego hacia el interior, detección y extinción de incendios, señalización e iluminación, sistemas de evacuación para discapacitados y salidas de emergencia, y el segundo, conformado por las buenas prácticas recomendadas en la normativa internacional que complementan los aspectos no incluidos en la sección anterior: Clasificación de la ocupación y el riesgo, medios de egreso y protección contra incendios (extintores portátiles, sistema de rociadores automáticos, sistema de mangueras, sistema de detección y alarma).

6.2.2 VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO

El cuestionario de diagnóstico fue evaluado por cuatro expertos en dirección de proyectos de seguridad humana y protección contra incendios, con el fin de validar la consistencia técnica, la claridad y redacción, la relevancia y la suficiencia de cada uno de los ítems planteados en el instrumento (Ver Anexo C), en la se muestra el perfil de los expertos:

Tabla 12. Perfil de los expertos

Experto	Formación Académica	Experiencia General	Experiencia Específica
1	Profesional en Ingeniería Mecánica. Especialista en Mantenimiento y Conservación de Edificaciones.	18 años – Diseñador de sistemas para proyectos de Seguridad Humana y protección Contra incendio en Edificios.	10 años – Director de proyectos en el área de la protección contra incendios en edificaciones.
2	Profesional en Ingeniería Civil. Especialista en Gerencia de Proyectos.	9 años – Dibujante, diseñador y constructor, de redes hidráulicas, sanitarias y SCI.	2 años – Contratista y líder de proyectos de infraestructura, redes e instalaciones.
3	Profesional en Arquitectura. Especialista en Gerencia de Proyectos Constructivos.	8 años – Diseñador de proyectos y arquitectura en el sector Retail.	3 años – Coordinador de proyectos enfocados en remodelaciones locativas, obra civil y redes hidráulicas.
4	Profesional en Arquitectura. Especialista en Gerencia de Proyectos, candidato a magister en Arquitectura.	12 años – Diseñador de proyectos de vivienda, servicios y equipamientos.	4 años – Coordinador de proyectos y obras en el sector privado.

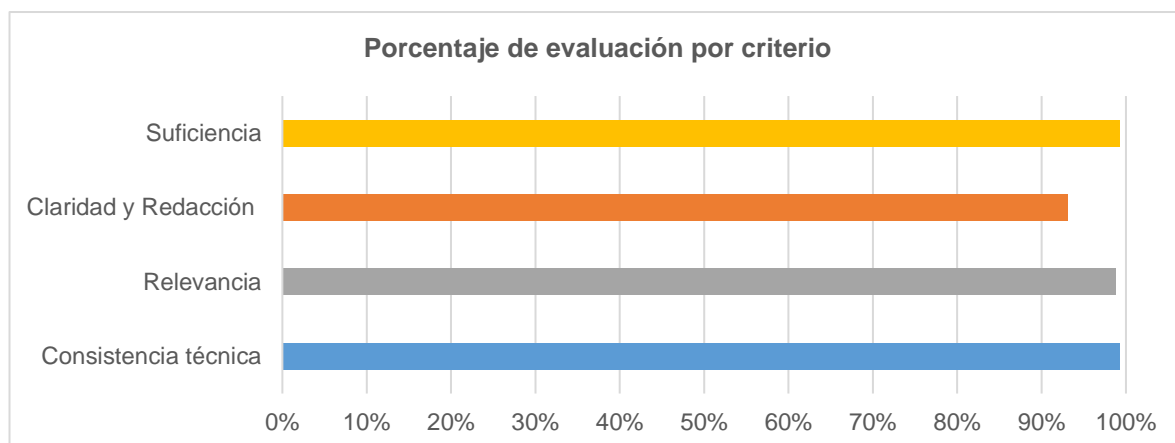
Fuente: Elaboración propia

Resultados:

Con base en los criterios nombrados anteriormente, los expertos evaluaron cada ítem del cuestionario en un rango de 0 a 5, siendo 5 la mejor calificación. A continuación, se presentan los resultados de la evaluación:

La Consistencia técnica y la Suficiencia, fueron los criterios de mejor calificación con un porcentaje de 99,3%, seguido de la Relevancia con 98,8% y finalmente la Claridad y Redacción con un porcentaje del 93,1%, como se observa en la Figura 7:

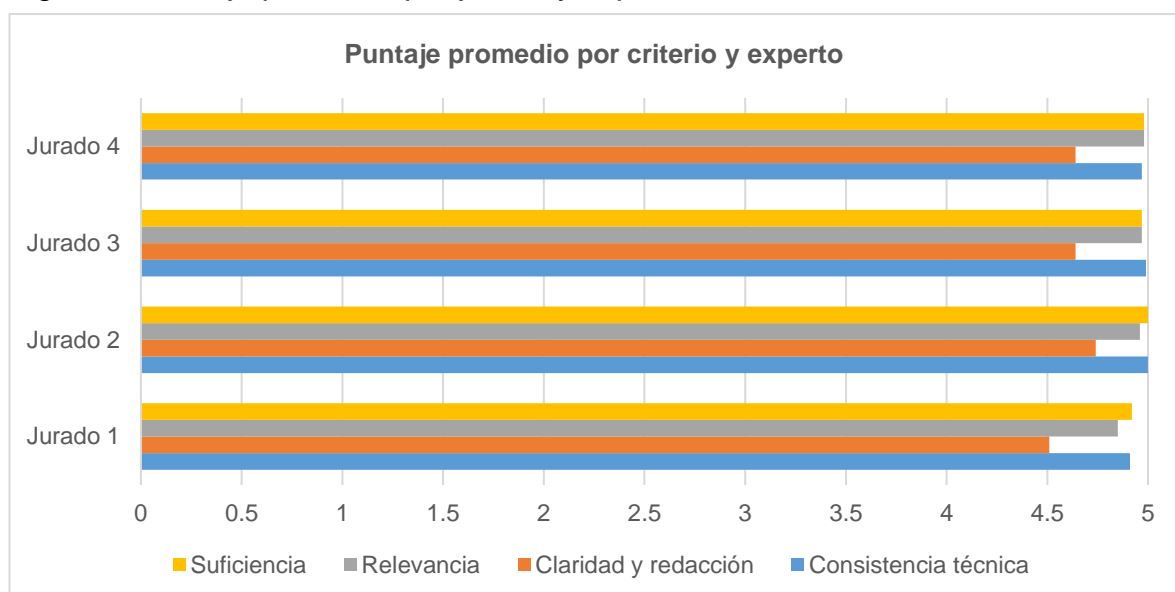
Figura 7. Porcentaje de evaluación por criterio.



Fuente: Elaboración propia

El promedio general de la calificación del experto número 1, fue la menor con un total de 4,79 puntos, seguido por los jurados 3 y 4, con un total de 4,89 puntos, y por último el jurado 2, quien asignó la mayor calificación, con un total de 4,92 puntos, como se muestra en la Figura 8:

Figura 8. Puntaje promedio por jurado y experto.



Fuente: Elaboración propia.

V de Aiken:

A partir de la evaluación desarrollada por los expertos, se aplicó la herramienta estadística V de Aiken (Ver Anexo C), con el fin de asignar un índice entre 0 y 1 a cada pregunta, aquellas que no superaron o igualaron el 0,80 se modificaron para

garantizar que cumplieran con los criterios evaluados inicialmente. En la Tabla 13, se observan las preguntas con indicador menor al establecido:

Tabla 13. Preguntas con indicador menor a 0,80.

Número de pregunta o ítem	Criterio	Indicador
5	Consistencia técnica	0,56
	Claridad y redacción	0,38
	Relevancia	0,63
	Suficiencia	0,50
8	Claridad y redacción	0,44
14	Claridad y redacción	0,50
27	Claridad y redacción	0,44
29	Claridad y redacción	0,50
36	Claridad y redacción	0,50
56	Claridad y redacción	0,69
59	Claridad y redacción	0,38
63	Claridad y redacción	0,69
66	Claridad y redacción	0,63
81	Claridad y redacción	0,63
85	Claridad y redacción	0,69
89	Claridad y redacción	0,63
94	Claridad y redacción	0,56

Fuente: Elaboración propia

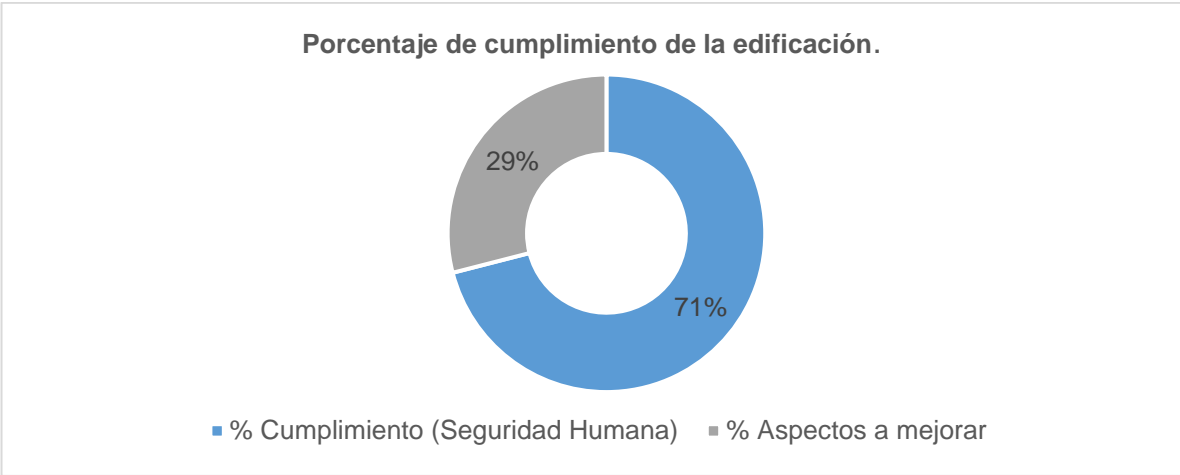
6.2.3 DIAGNÓSTICO DE LA EDIFICACIÓN

Se realizó el diagnóstico de la edificación con el fin de evaluar el nivel de cumplimiento de los requerimientos de seguridad humana, con base en las normas nacionales e internacionales (Ver Anexo B), a continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Resultados:

La edificación evaluada obtuvo una calificación total de 65 puntos, lo cual corresponde a un nivel de cumplimiento del 71% (Alto), como se presenta en la Figura 9:

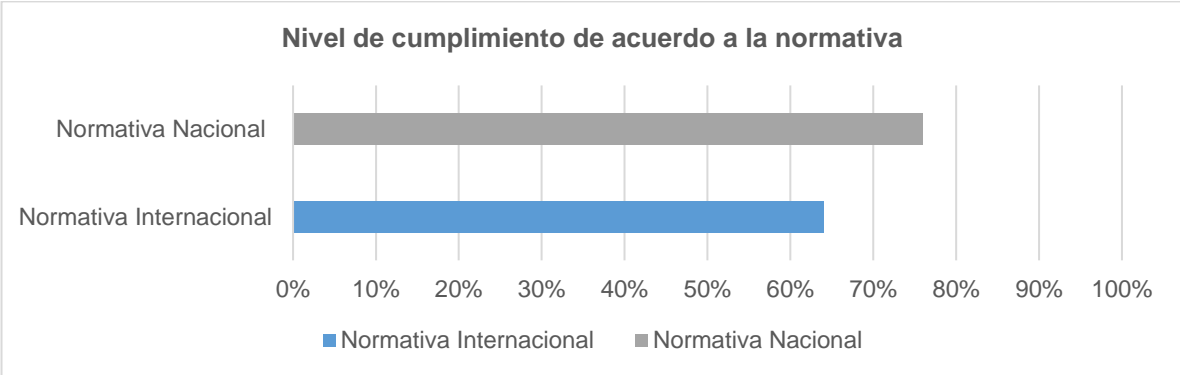
Figura 9. Porcentaje de cumplimiento de los requerimientos de seguridad humana en la edificación.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Figura 10, la edificación obtuvo un total de 36 puntos correspondientes al 76% de cumplimiento de los requerimientos de seguridad humana establecidos en la normativa nacional y 29 puntos equivalentes al 64% de cumplimiento de las buenas prácticas determinadas por la Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego.

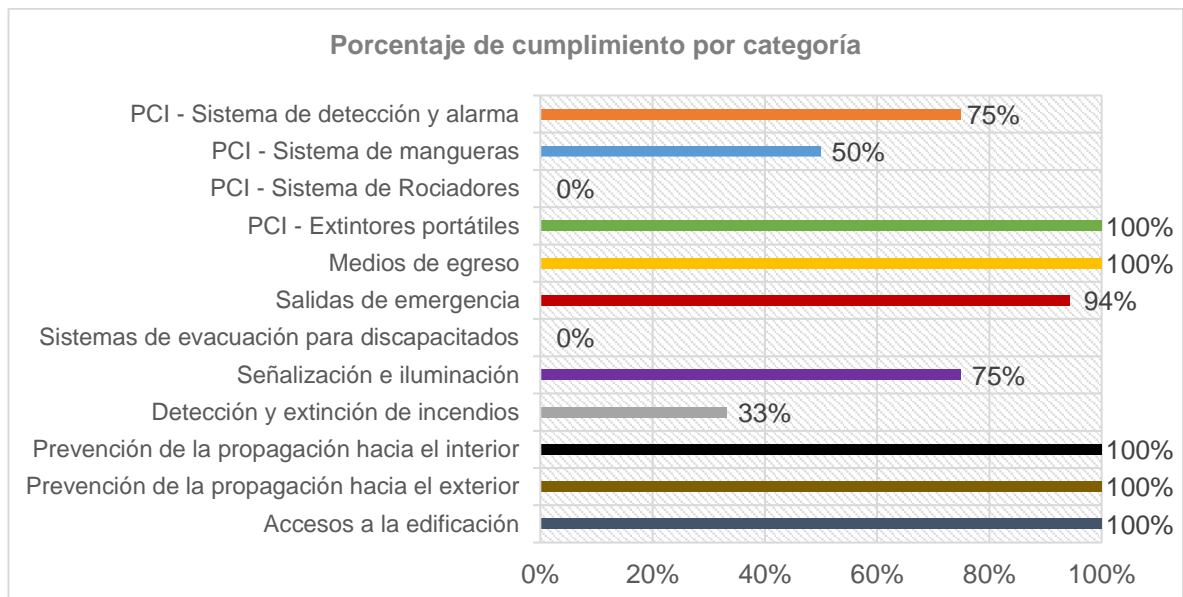
Figura 10. Porcentaje de cumplimiento de la edificación de acuerdo a la normativa evaluada (Nacional e Internacional).



Fuente: Elaboración propia.

Las categorías con mejor puntaje fueron: Prevención de la propagación del fuego hacia el exterior, Medios de egreso y Protección contra incendio – Extintores portátiles, las cuales obtuvieron el 100% del puntaje máximo asignado para la categoría correspondiente, sin embargo, se presentaron categorías con un incumplimiento total de los requerimientos de seguridad humana, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Porcentaje de cumplimiento de la edificación con base en la categoría evaluada.



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones del diagnóstico:

- El edificio evaluado cumple en su mayoría con los requerimientos de seguridad humana relacionados a las características del diseño arquitectónico y estructural de la edificación, sin embargo, carece de un sistema de extinción y detección acorde con el nivel de riesgo y la clasificación de la ocupación.
- El interior de la edificación posee recorridos y permanencias de fácil acceso para el personal discapacitado, mientras que en la zona exterior carece de una ruta de ingreso adecuada para este tipo de ocupantes ya que la existente obliga a generar un recorrido perimetral por el edificio, prolongando el tiempo de evacuación, dicho recorrido puede verse afectado por posibles obstrucciones en caso de presentarse una emergencia.
- El edificio posee un sistema de extinción mediante gabinetes, sin embargo, la cobertura no cumple con los estándares normativos.
- Se debe validar la demanda de agua requerida para alimentar el sistema de extinción mediante rociadores, con el fin de evaluar si el tanque actual posee la capacidad necesaria o si se debe contemplar la adecuación del mismo.
- La adecuación del sistema de seguridad humana puede afectar los acabados actuales del edificio, impactando en el alcance, cronograma y presupuesto general del proyecto.

6.3 FASE III: DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Teniendo en cuenta lo evidenciado en el cuestionario de diagnóstico, la edificación incumple con algunos requerimientos de seguridad humana establecidos en la norma nacional e internacional, por lo cual, en el presente capítulo se definen los sistemas y obras generales a implementar, con el fin de garantizar la seguridad del personal, los bienes materiales y la continuidad de las actividades, en caso de presentarse un evento por incendio.

6.3.1 SISTEMA DE EVACUACIÓN PARA DISCAPACITADOS

En la Tabla 14, se presenta el dimensionamiento del sistema de evacuación para para personal con discapacidad o con movilidad reducida:

Tabla 14. Dimensionamiento del sistema de evacuación para discapacitados.

Actividad a ejecutar	Localización	Características Generales
Construcción de rampa de acceso y salida de la edificación para personal discapacitado.	Primer nivel - Acceso	Materiales con resistencia al fuego no menor a 1 hora.
		Barandas laterales con pasamanos.
		Inclinación constante con porcentaje de pendiente no mayor al 12,5% longitudinal, ni 2% en sentido transversal.
		Ancho mínimo de la rampa: 1,10m.
		Ancho libre entre pasamanos no menor a 0.90m
		Acabado con superficie rugosa o materiales antideslizantes.
		Altura libre no menor de 2,00m.

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 SISTEMA DE EXTINCIÓN – RED DE GABINETES

La edificación cuenta con un sistema de gabinetes Clase III (Salidas de 2-1/2" para bomberos y de 1-1/2" para personal entrenado o brigadistas) localizados en el punto de circulación vertical, sin embargo, algunas áreas del edificio no están contempladas dentro de la distancia máxima de cobertura. En la Tabla 15, se muestran las actividades y sus características correspondientes para garantizar que el sistema cumpla con los requerimientos de seguridad humana:

Tabla 15. Dimensionamiento del sistema de extinción mediante gabinetes.

Actividad a ejecutar	Localización	Características generales
Readecuación de la red general de gabinetes del sistema contra incendios.	Zonas con protección contra incendios	El acople de la tubería será de tipo ranurado para diámetros mayores a 1-1/4". Caudal de 100gpm en la salida 1-1/2" y 250gpm en la salida de 2-1/2"
Instalación de Gabinetes	Puntos fijos secundarios y zonas colectivas	Cantidad: 22 Gabinetes Clase III, listado por FM. Los gabinetes incluirán los siguientes accesorios: Manguera de 1-1/2" (30m), en poliéster, con capacidad de trabajo de 150 PSI, aprobada por FM. Boquilla de manguera de 1-1/2", certificada. Hacha pico de 4,5 lbs, en acero. Llave Spanner.
Pruebas del sistema	Todo el edificio	Prueba de presión a 200 PSI.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3 SISTEMA DE EXTINCIÓN – RED DE ROCIADORES

El edificio actualmente incumple los requerimientos de protección contra incendio ya que carece de un sistema de extinción automático mediante rociadores. En la Tabla 16, se presenta el dimensionamiento de dicho sistema:

Tabla 16. Dimensionamiento del sistema de extinción mediante rociadores

Actividad a ejecutar	Localización	Características generales
Instalación de la estación de control del sistema	Puntos fijos por nivel.	La estación de control estará conformada por una válvula mariposa, una válvula antirretorno (cheque), una válvula de prueba y drenaje, un sensor de flujo y un manómetro.
Instalación de tuberías y de rociadores automáticos	Todo el edificio	Tubería con diámetro variable, cédula 40. Cantidad de rociadores: 1.340. Rociadores de tipo colgante y montante, listados por UL/FM. Características del rociador: Factor K=5.6, cobertura estándar y respuesta rápida.
Pruebas del sistema	Todo el edificio	Prueba de presión a 200 PSI.

Fuente: Elaboración propia

6.3.4 SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA.

De acuerdo al diagnóstico desarrollado, la edificación no posee un sistema de alarma y notificación acorde con la normativa aplicable, igualmente carece de un sistema de detección. En la Tabla 17, se muestra el dimensionamiento de este sistema:

Tabla 17. Dimensionamiento del sistema de detección y alarma.

Actividad a ejecutar	Localización	Características generales
Readecuación del sistema de notificación y alarma	Zonas protegidas	Tubería IMC, diámetro 3/4" o 1". Cantidad de dispositivos: 42 Sirenas estroboscópicas y 42 módulos de control. Los dispositivos deben ser certificados UL/FM. Los dispositivos deben estar ubicados y distanciados en concordancia con lo establecido en la norma.
Instalación del sistema de detección.	Todo el edificio	Tubería IMC, diámetro 3/4" o 1". Cantidad de dispositivos: 110 detectores térmicos, 220 detectores de humo, 21 estaciones manuales y 1 panel de control. Los dispositivos deben ser certificados UL/FM. Los dispositivos deben estar ubicados y distanciados en concordancia con lo establecido en la norma.
Pruebas del sistema	Todo el edificio	Prueba de continuidad

Fuente: Elaboración propia

6.4 FASE IV: PLANEACIÓN (ALCANCE, TIEMPO Y COSTO).

Teniendo en cuenta el dimensionamiento del sistema, se realiza la planeación del proyecto de acuerdo con los fundamentos de la guía PMBOK enmarcados en la gestión del alcance, gestión del cronograma y gestión de costos, y el escenario donde se ejecuten las labores correspondientes al cumplimiento de los requerimientos de seguridad humana (Escenario 1 – Fase Constructiva y escenario 2 – Fase Operativa).

6.4.1 ESCENARIO 1: FASE CONSTRUCTIVA

Este escenario, se basa en la implementación de los requerimientos de seguridad humana durante el período de construcción del proyecto. A continuación, se presentan los entregables de la planeación de acuerdo a los planes de gestión nombrados anteriormente:

Entregables de la Gestión del alcance:

- Enunciado del alcance.

Para el escenario 1, el proyecto tiene como alcance el diseño, instalación y pruebas del sistema de extinción, detección y alarma contra incendio y la construcción de la rampa de acceso. Dentro del proyecto no se incluye el acondicionamiento del cuarto de bombas, ni los requerimientos de seguridad humana evaluados mediante el cuestionario de diagnóstico que obtuvieron resultados favorables.

- EDT/WBS.

En la Figura 12, se muestra la Estructura de Desglose de Trabajo, correspondiente al escenario 1 (Fase constructiva):

Figura 12. EDT/WBS del escenario 1 (Fase constructiva).



Fuente: Elaboración propia.

- Diccionario de la EDT.

En la Tabla 18, se observa el diccionario de la EDT del escenario 1, en cual se describe cada uno de los componentes de la figura anterior:

Tabla 18. Diccionario de la EDT del escenario 1 (Fase constructiva).

Nivel	Código	Nombre	Descripción
1	1	Diseño e instalación de los sistemas de seguridad humana – Edificio de oficinas en Bogotá D.C.	Diseño general de los sistemas de seguridad humana proyectados para la edificación en estudio, de acuerdo con el diagnóstico de la edificación.
2	1.1	Sistema de evacuación para discapacitados.	Diseño y construcción de la rampa de acceso y salida, para el personal con discapacidad residente y visitante de la edificación.

Tabla 18. Continuación.

Nivel	Código	Nombre	Descripción
3	1.1.1	Diseño y Planimetría.	Elaboración de las memorias de diseño, especificaciones técnicas y planimetrías de detalle de la obra a ejecutar.
3	1.1.2	Preliminares.	Elaboración de las actividades previas a la obra, como lo son: Montaje del campamento, localización, replanteo y señalización.
3	1.1.3	Estructura y concreto.	Ejecución de actividades tales como: Instalación de formaletas, relleno en recebo, instalación de malla electrosoldada y fundición de concreto.
3	1.1.4	Acabados.	Desarrollo de actividades finales como nivelación, texturizado e instalación de barandas y pasamanos.
2	1.2	Sistema de extinción – Red de gabinetes.	Diseño e instalación del sistema de extinción mediante gabinetes en los siete niveles y tres sótanos de la edificación.
3	1.2.1	Diseño e ingeniería de detalle.	Elaboración de las memorias de diseño, especificaciones técnicas, tablas de cantidades y planimetrías de detalle de la obra a ejecutar.
3	1.2.2	Preliminares.	Elaboración de las actividades previas a la obra, como lo son: Transporte de materiales y equipos, señalización y liberación de obstrucciones que garanticen la accesibilidad y facilidad en el montaje de los equipos del sistema.
3	1.2.3	Soportería.	Instalación de soportes para fijación de tuberías a muros, placas o elementos estructurales existentes.
3	1.2.4	Tubería y accesorios.	Instalación de los recorridos de tubería y sus correspondientes accesorios desde las estaciones de control hacia los puntos establecidos para la ubicación de los gabinetes.
3	1.2.5	Equipos.	Instalación de la estación de control localizada en cada nivel y de los gabinetes definidos para la protección de la zona.
2	1.3	Sistema de extinción – Red de rociadores	Diseño e instalación del sistema de extinción mediante rociadores en los siete niveles y tres sótanos de la edificación.
3	1.3.1	Diseño e ingeniería de detalle.	Elaboración de las memorias de diseño, especificaciones técnicas, tablas de cantidades y planimetrías de detalle de la obra a ejecutar.
3	1.3.2	Preliminares.	Elaboración de las actividades previas a la obra, como lo son: Transporte de materiales y equipos, señalización y liberación de obstrucciones que garanticen la accesibilidad y facilidad en el montaje de los equipos del sistema.
3	1.3.3	Soportería.	Instalación de soportes para fijación de tuberías a muros, placas o elementos estructurales existentes.
3	1.3.4	Tubería y accesorios.	Instalación de los recorridos de tubería y sus correspondientes accesorios desde las estaciones de control hacia los puntos establecidos para el montaje de rociadores.

Tabla 18. Continuación.

Nivel	Código	Nombre	Descripción
3	1.3.5	Equipos.	Instalación de rociadores y válvulas correspondientes del sistema de extinción.
2	1.4	Sistema de detección y alarma contra incendio.	Diseño e Instalación del sistema de detección, alarma y notificación contra incendio en la totalidad del edificio.
3	1.4.1	Diseño e ingeniería de detalle.	Elaboración de las memorias de diseño, especificaciones técnicas, tablas de cantidades y planimetrías de detalle de la obra a ejecutar.
3	1.4.2	Preliminares.	Elaboración de las actividades previas a la obra, como lo son: Transporte de materiales y equipos, señalización y liberación de obstrucciones que garanticen la accesibilidad y facilidad en el montaje de los equipos del sistema.
3	1.4.3	Tuberías, accesorios y soportería.	Instalación de elementos de fijación, accesorios y recorridos de tubería del sistema.
3	1.4.4	Dispositivos.	Instalación de dispositivos de inicio, entrada, salida y notificación del sistema.
2	1.5	Comisionamiento y pruebas.	Desarrollo de prueba hidrostáticas para el sistema de extinción y pruebas de continuidad para sistema de detección y alarma. Elaboración del dossier del proyecto.
3	1.5.1	Pruebas hidrostáticas.	Aplicación de prueba presión de 200PSI al sistema con el fin de detectar filtraciones.
3	1.5.2	Pruebas de continuidad.	Aplicación de pruebas para validar la llegada de datos y potencia a los diferentes dispositivos del sistema.
3	1.5.3	Dossier de ingeniería.	Elaboración de las especificaciones técnicas, manuales de mantenimiento y planimetrías de detalle de la obra ejecutada.

Fuente: Elaboración propia.

Entregables de la Gestión del cronograma:

- Diagrama de Gantt.

En la Tabla 19, se presenta el resumen del diagrama de Gantt de las actividades correspondientes al diseño e instalación de los sistemas de seguridad humana – Edificio de oficinas en Bogotá D.C., durante la construcción del proyecto (Escenario 1), la totalidad del diagrama se puede observar en el Anexo D.

Tabla 19. Diagrama de Gantt del escenario 1 (Fase constructiva).

EDT	Actividad	Duración (días)	Meses											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Diseño e instalación de los sistemas de seguridad humana - Edificio de Oficinas en Bogotá D.C	288												
1.1	Sistema de evacuación para discapacitados	24.5												
1.1.1	Diseño y planimetría	11												
1.1.2	Preliminares	1.5												
1.1.3	Estructura y concreto	11												
1.1.4	Acabados	8												
1.2	Sistema de extinción - Red de gabinetes	229												
1.2.1	Diseño e ingeniería de detalle	20												
1.2.2	Preliminares	193												
1.2.3	Soportería	195												
1.2.4	Tubería y accesorios	201												
1.3	Sistema de extinción - Red de rociadores	230												
1.3.1	Diseño e ingeniería de detalle	20												
1.3.2	Preliminares	174												
1.3.3	Soportería	204												
1.3.4	Tubería y accesorios	186												
1.3.5	Equipos	196												
1.4	Sistema de detección y alarma contra incendio	258												
1.4.1	Diseño e ingeniería de detalle	20												
1.4.2	Preliminares	207												
1.4.3	Tubería, accesorios y soportería	199												
1.4.4	Dispositivos	181												
1.5	Comisionamiento y pruebas	58												
1.5.1	Pruebas hidrostáticas	10												
1.5.2	Pruebas de continuidad	10												
1.5.3	Dossier de ingeniería	20												

Fuente: Elaboración propia

- Diagrama de hitos.

Igualmente, en la Tabla 20 se presenta el diagrama de hitos del proyecto de acuerdo con las actividades planteadas en el escenario 1:

Tabla 20. Diagrama de hitos del escenario 1 (Fase constructiva).

EDT	Hito	Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.1.1.3	Fin de la planeación detallada.	◊											
1.1.4.3	Fin de obras exteriores.	◊											
1.3.5.3	Fin de instalación del sistema de extinción.									◊			
1.4.4.2	Fin de instalación del sistema de detección y alarma.										◊		
1.5.3.3	Fin de proyecto.												◊

Fuente: Elaboración propia.

Entregables de la gestión de los costos:

- Presupuesto general.

El presupuesto total para la implementación de los requerimientos de seguridad humana en la edificación, de acuerdo al escenario 1, es de \$545.301.314, como se muestra en la Tabla 21:

Tabla 21. Presupuesto general del escenario 1 (Fase constructiva).

Ítem	Actividad	Un.	Cant.	Valor Unitario	Valor total Incluye AIU + IVA
1	Diseño e instalación de los sistemas de seguridad humana - Edificio de Oficinas en Bogotá.				\$ 547,112,834
1.1	Sistema de evacuación para discapacitados				\$ 9,367,183
1.1.1	Diseño y planimetría				\$ 2,400,000
1.1.1.1	Elaboración de documentación técnica	GL	1.00	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000
1.1.1.2	Elaboración de planimetría	GL	1.00	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000
1.1.2	Preliminares				\$ 1,798,365
1.1.2.1	Campamento	GL	1.00	\$ 1,263,869	\$ 1,263,869
1.1.2.2	Localización y replanteo	m2	23.0	\$ 3,652	\$ 83,996
1.1.2.3	Señalización	GL	1.00	\$ 450,500	\$ 450,500
1.1.3	Estructura y concreto				\$ 2,306,318

Tabla 21. Continuación.

Ítem	Actividad	Un.	Cant.	Valor Unitario	Valor total Incluye AIU + IVA
1.1.3.1	Instalación de formaletas (Alquiler)	dia	11.0	\$ 35,000	\$ 385,000
1.1.3.2	Relleno en recebo compactado	m3	7.00	\$ 220,256	\$ 1,541,794
1.1.3.3	Instalación de malla electrosoldada	m2	12.0	\$ 12,520	\$ 150,240
1.1.3.4	Fundición de concreto (3000psi)	m3	2.40	\$ 95,535	\$ 229,284
1.1.4	Acabados				\$ 2,862,500
1.1.4.1	Nivelación y texturizado	GL	1.00	\$ 18,500	\$ 18,500
1.1.4.2	Instalación de barandas con pasamanos	m	18.0	\$ 158,000	\$ 2,844,000
1.2	Sistema de extinción - Red de gabinetes				\$ 70,520,048
1.2.1	Diseño e ingeniería de detalle				\$ 4,000,000
1.2.1.1	Elaboración de documentación técnica	GL	1.00	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
1.2.1.2	Elaboración de planimetría	GL	1.00	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000
1.2.2	Preliminares				\$ 991,175
1.2.2.1	Transporte de materiales y equipos	GL	1.00	\$ 45,800	\$ 45,800
1.2.2.2	Señalización	GL	1.00	\$ 670,375	\$ 670,375
1.2.2.3	Liberación de obstrucciones	GL	1.00	\$ 275,000	\$ 275,000
1.2.3	Soportería				\$ 3,610,500
1.2.3.1	Instalación de soportería	GL	1.00	\$ 3,610,500	\$ 3,610,500
1.2.4	Tubería y accesorios				\$ 38,945,093
1.2.4.1	Instalación de tuberías	GL	1.00	\$ 28,196,437	\$ 28,196,437
1.2.4.2	Instalación de accesorios	GL	1.00	\$ 10,748,656	\$ 10,748,656
1.2.5	Equipos				\$ 22,973,280
1.2.5.1	Instalación de las estaciones de control	UN	11	\$ 1,635,600	\$ 17,991,600
1.2.5.2	Instalación de gabinetes clase III	UN	22	\$ 226,440	\$ 4,981,680
1.3	Sistema de extinción - red de rociadores				\$ 355,115,283
1.3.1	Diseño e ingeniería de detalle				\$ 4,000,000
1.3.1.1	Elaboración de documentación técnica	GL	1.00	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
1.3.1.2	Elaboración de planimetría	GL	1.00	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000
1.3.2	Preliminares				\$ 991,175
1.3.2.1	Transporte de materiales y equipos	GL	1.00	\$ 45,800	\$ 45,800
1.3.2.2	Señalización	GL	1.00	\$ 670,375	\$ 670,375
1.3.3.2	Liberación de obstrucciones	GL	1.00	\$ 275,000	\$ 275,000

Tabla 21. Continuación.

Ítem	Actividad	Un.	Cant.	Valor Unitario	Valor total Incluye AIU + IVA
1.3.3	Soportería				\$ 55,329,440
1.3.3.1	Instalación de soportería	GL	1.00	\$ 9,539,010	\$ 9,539,010
1.3.3.1	Instalación de soportería antisísmica	GL	1.00	\$ 45,790,430	\$ 45,790,430
1.3.4	Tubería y accesorios				\$ 230,759,328
1.3.4.1	Instalación de tuberías	GL	1.00	\$ 187,048,872	\$ 187,048,872
1.3.4.2	Instalación de accesorios	GL	1.00	\$ 43,710,456	\$ 43,710,456
1.3.5	Equipos				\$ 64,035,340
1.3.5.1	Instalación de estaciones de control	UN	11	\$ 1,635,600	\$ 17,991,600
1.3.5.2	Instalación de rociadores	UN	1340	\$ 34,361	\$ 46,043,740
1.4	Sistema de detección y alarma contra incendio.				\$ 106,979,946
1.4.1	Diseño e ingeniería de detalle				\$ 4,000,000
1.4.1.1	Elaboración de documentación técnica	GL	1.00	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
1.4.1.2	Elaboración de planimetría	GL	1.00	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000
1.4.2	Preliminares				\$ 991,175
1.4.2.1	Transporte de materiales y equipos	GL	1.00	\$ 45,800	\$ 45,800
1.4.2.2	Señalización	GL	1.00	\$ 670,375	\$ 670,375
1.4.2.3	Liberación de obstrucciones	GL	1.00	\$ 275,000	\$ 275,000
1.4.3	Tubería, accesorios y soportería				\$ 90,918,153
1.4.3.1	Instalación de tuberías y accesorios	GL	1.00	\$ 85,063,450	\$ 85,063,450
1.4.3.2	Montaje de soportes	UN	1.00	\$ 2,462,328	\$ 2,462,328
1.4.3.3	Cableado	GL	1.00	\$ 3,392,375	\$ 3,392,375
1.4.4	Dispositivos				\$ 11,070,618
1.4.4.1	Instalación y conexión de dispositivos	GL	1.00	\$ 11,070,618	\$ 11,070,618
1.5	Comisionamiento y pruebas				\$ 5,130,374
1.5.1	Pruebas hidrostáticas				\$ 1,245,374
1.5.1.1	Pruebas hidrostáticas de la red de gabinetes	GL	1.00	\$ 622,687	\$ 622,687
1.5.1.2	Pruebas hidrostáticas de la red de rociadores	GL	1.00	\$ 622,687	\$ 622,687
1.5.2	Pruebas de continuidad				\$ 535,000
1.5.2.1	Prueba de continuidad del sistema de detección y alarma	GL	1.00	\$ 535,000	\$ 535,000
1.5.3	Dossier de ingeniería				\$ 3,350,000
1.5.3.1	Elaboración de documentación técnica	GL	1.00	\$ 850,000	\$ 850,000
1.5.3.2	Elaboración de planos As- Built	GL	1.00	\$ 2,500,000	\$ 2,500,000

Fuente: Elaboración propia.

6.4.2 ESCENARIO 2: FASE OPERATIVA

Este escenario, se basa en la implementación de los requerimientos de seguridad humana durante los períodos posteriores a la finalización de las obras. En esta fase se evidencia el incumplimiento de la normativa, teniendo en cuenta que el proyecto no garantiza la seguridad de sus ocupantes debido a falencias en el diseño sistema o la carencia total de los mismos. A continuación, se presentan los entregables de la planeación del proyecto:

Entregables de la Gestión del alcance:

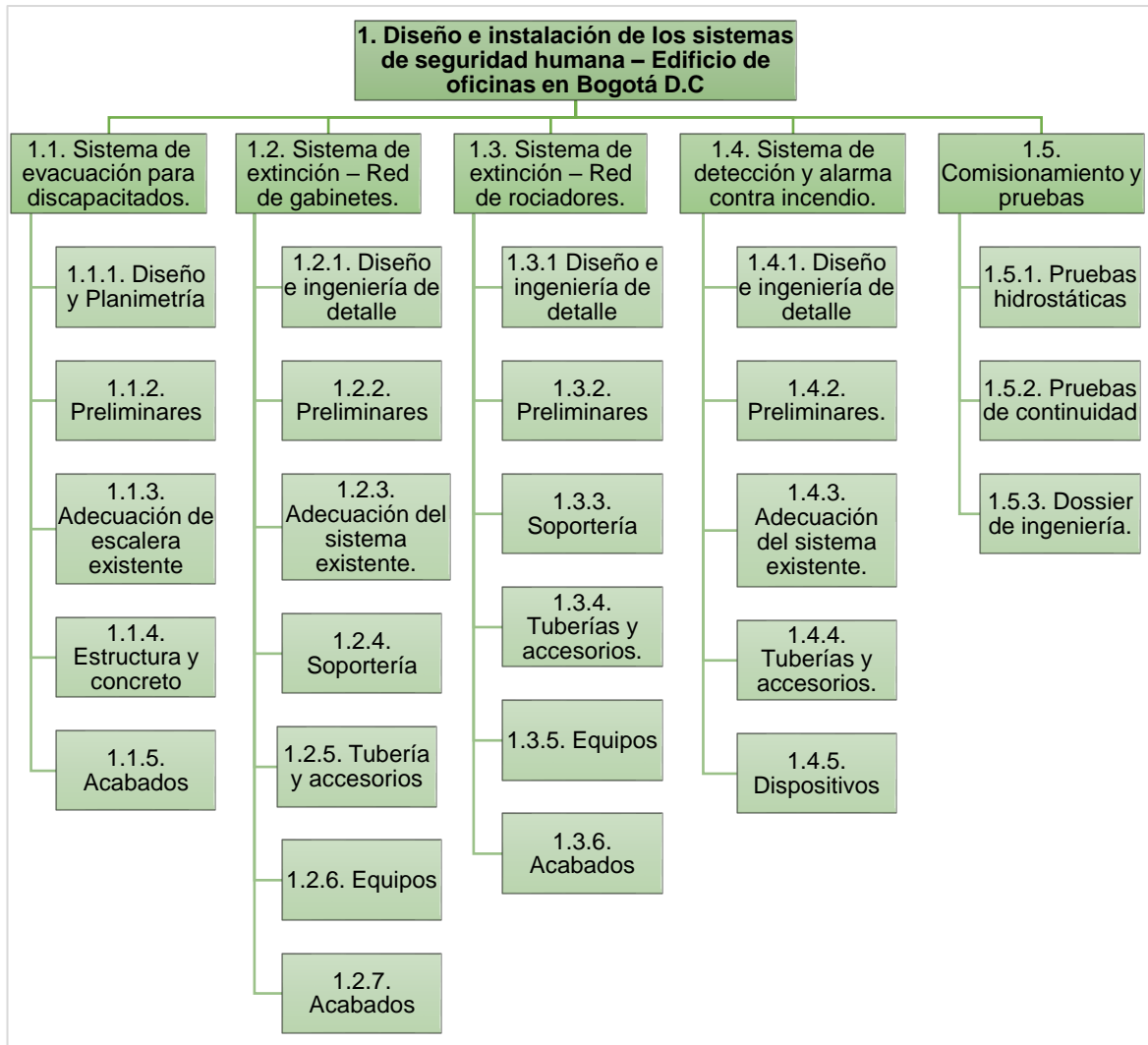
- Enunciado del alcance.

Para el escenario 2, el proyecto tiene como alcance el diseño, instalación, adecuación y pruebas del sistema de extinción, detección y alarma contra incendio, la construcción de la rampa de acceso, la adecuación de la escalera existente y las obras correspondientes a las reparaciones de acabados (cielo raso, muros interiores, etc.) intervenidos durante el desarrollo del mismo. Dentro del proyecto no se incluye el acondicionamiento del cuarto de bombas, ni los requerimientos de seguridad humana evaluados mediante el cuestionario de diagnóstico que obtuvieron resultados favorables.

- EDT/WBS.

En la Figura 13, se muestra la Estructura de Desglose de Trabajo, correspondiente al escenario 2 (Fase operativa):

Figura 13. EDT/WBS del escenario 2 (Fase operativa).



Fuente: Elaboración propia.

- Diccionario de la EDT.

En la Tabla 22, se observa el diccionario de la EDT del escenario 2, en cual se describe cada uno de los componentes de la figura anterior:

Tabla 22. Diccionario de la EDT del escenario 2 (Fase operativa).

Nivel	Código	Nombre	Descripción
1	1	Diseño e instalación de los sistemas de seguridad humana – Edificio de oficinas en Bogotá D.C.	Diseño general de los sistemas de seguridad humana proyectados para la edificación en estudio, de acuerdo con el diagnóstico de la edificación.
2	1.1	Sistema de evacuación para discapacitados.	Diseño y construcción de la rampa de acceso y salida, para el personal con discapacidad.

Tabla 22. Continuación.

Nivel	Código	Nombre	Descripción
3	1.1.1	Diseño y Planimetría.	Elaboración de las memorias de diseño, especificaciones técnicas y planimetrías de detalle de la obra a ejecutar.
3	1.1.2	Preliminares.	Elaboración de las actividades previas a la obra, como lo son: Montaje del campamento, localización, replanteo y señalización.
3	1.1.3	Adecuación de la escalera existente.	Adaptación de la escalera existente teniendo en cuenta el nuevo diseño de la rampa para el acceso y salida del personal discapacitado.
3	1.1.4	Estructura y concreto.	Ejecución de actividades tales como: Instalación de formaleas, relleno en recebo, instalación de malla electrosoldada y fundición de concreto.
3	1.1.5	Acabados.	Desarrollo de actividades finales como nivelación, texturizado e instalación de barandas y pasamanos.
2	1.2	Sistema de extinción – Red de gabinetes.	Diseño, instalación y adecuación del sistema de extinción mediante gabinetes en los siete niveles y tres sótanos de la edificación.
3	1.2.1	Diseño e ingeniería de detalle.	Elaboración de las memorias de diseño, especificaciones técnicas, tablas de cantidades y planimetrías de detalle de la obra a ejecutar.
3	1.2.2	Preliminares.	Elaboración de las actividades previas a la obra, como lo son: Transporte de materiales y equipos, señalización y liberación de obstrucciones que garanticen la accesibilidad y facilidad en el montaje de los equipos del sistema.
3	1.2.3	Adecuación del sistema existente.	Desmontaje de accesorios existentes para la adaptación del nuevo sistema de extinción de la red de gabinetes.
3	1.2.4	Soportería.	Instalación de soportes para fijación de tuberías a muros, placas o elementos estructurales existentes.
3	1.2.5	Tubería y accesorios.	Instalación de los recorridos de tubería y sus correspondientes accesorios desde las estaciones de control hacia los puntos establecidos para la ubicación de los gabinetes.
3	1.2.6	Equipos.	Instalación de la estación de control localizada en cada nivel y de los gabinetes definidos para la protección de la zona.
3	1.2.7	Acabados.	Ejecución de obras finales en cielo rasos, muros y demás acabados interiores que hayan sido intervenidos durante la instalación del sistema.
2	1.3	Sistema de extinción – Red de rociadores	Diseño e instalación del sistema de extinción mediante rociadores en los siete niveles y tres sótanos de la edificación.
3	1.3.1	Diseño e ingeniería de detalle.	Elaboración de las memorias de diseño, especificaciones técnicas, tablas de cantidades y planimetrías de detalle de la obra a ejecutar.

Tabla 22. Continuación.

Nivel	Código	Nombre	Descripción
3	1.3.2	Preliminares.	Elaboración de las actividades previas a la obra, como lo son: Transporte de materiales y equipos, señalización y liberación de obstrucciones que garanticen la accesibilidad y facilidad en el montaje de los equipos del sistema.
3	1.3.3	Soportería.	Instalación de soportes para fijación de tuberías a muros, placas o elementos estructurales existentes.
3	1.3.4	Tubería y accesorios.	Instalación de los recorridos de tubería y sus correspondientes accesorios desde las estaciones de control hacia los puntos establecidos para el montaje de rociadores.
3	1.3.5	Equipos.	Instalación de rociadores y válvulas correspondientes del sistema de extinción.
3	1.3.6	Acabados.	Ejecución de obras finales en cielo rasos, muros y demás acabados interiores que hayan sido intervenidos durante la instalación del sistema.
2	1.4	Sistema de detección y alarma contra incendio.	Diseño e Instalación del sistema de detección, alarma y notificación contra incendio en la totalidad del edificio.
3	1.4.1	Diseño e ingeniería de detalle.	Elaboración de las memorias de diseño, especificaciones técnicas, tablas de cantidades y planimetrías de detalle de la obra a ejecutar.
3	1.4.2	Preliminares.	Elaboración de las actividades previas a la obra, como lo son: Transporte de materiales y equipos, señalización y liberación de obstrucciones que garanticen la accesibilidad y facilidad en el montaje de los equipos del sistema
3	1.4.3	Adecuación del sistema existente.	Desmontaje de equipos, accesorios, cableados, entre otros, que permitan la adaptación e instalación del nuevo sistema de detección y alarma contra incendio.
3	1.4.4	Tuberías, accesorios y soportería.	Instalación y adecuación de elementos de fijación, accesorios y recorridos de tubería del sistema.
3	1.4.5	Dispositivos.	Instalación de dispositivos de inicio, entrada, salida y notificación del sistema.
2	1.5	Comisionamiento y pruebas.	Desarrollo de prueba hidrostáticas para el sistema de extinción y pruebas de continuidad para sistema de detección y alarma. Elaboración del dossier del proyecto.
3	1.5.1	Pruebas hidrostáticas.	Aplicación de prueba presión de 200PSI al sistema con el fin de detectar filtraciones.
3	1.5.2	Pruebas de continuidad.	Aplicación de pruebas para validar la llegada de datos y potencia a los diferentes dispositivos del sistema.
3	1.5.3	Dossier de ingeniería.	Elaboración de las especificaciones técnicas, manuales de mantenimiento y planimetrías de detalle de la obra ejecutada.

Fuente: Elaboración propia.

Entregables de la Gestión del cronograma:

- Diagrama de Gantt.

En la Tabla 23, se presenta el resumen del diagrama de Gantt de las actividades correspondientes al diseño e instalación de los sistemas de seguridad humana – Edificio de oficinas en Bogotá D.C., durante la operación del proyecto (Escenario 2), la totalidad del diagrama se puede observar en el Anexo E.

Tabla 23. Diagrama de Gantt del escenario 2 (Fase operativa).

EDT	Actividad	Duración (días)	Meses													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Diseño e instalación de los sistemas de seguridad humana - Edificio de Oficinas en Bogotá D.C	341.5														
1.1	Sistema de evacuación para discapacitados	29.5														
1.1.1	Diseño y planimetría	11														
1.1.2	Preliminares	1.5														
1.1.3	Adecuación de escalera existente	5														
1.1.3	Estructura y concreto	11														
1.1.4	Acabados	8														
1.2	Sistema de extinción - Red de gabinetes	298.5														
1.2.1	Diseño e ingeniería de detalle	20														
1.2.2	Preliminares	242														
1.2.3	Adecuación del sistema existente	259.5														
1.2.4	Soportería	262														
1.2.5	Tubería y accesorios	267														
1.2.6	Equipos	268														
1.2.7	Acabados	151														
1.3	Sistema de extinción – Red de rociadores	280.5														
1.3.1	Diseño e ingeniería de detalle	20														
1.3.2	Preliminares	217.5														
1.3.3	Soportería	247.5														

Tabla 23. Continuación.






[illegible]

Fuente: Elaboración propia

- Diagrama de hitos.

Igualmente, en la Tabla 24 se presenta el diagrama de hitos del proyecto de acuerdo con las actividades planteadas en el escenario 2:

Tabla 24. Diagrama de hitos del escenario 2 (Fase operativa).

EDT	Hito	Meses													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.1.1.3	Fin de la planeación detallada.														
1.1.4.3	Fin de obras exteriores.														
1.3.5.3	Fin de instalación del sistema de extinción.														
1.4.4.2	Fin de instalación del sistema de detección y alarma.														
1.5.3.3	Fin de proyecto.														

Fuente: Elaboración propia

Entregables de la Gestión de los costos.

- Presupuesto general.

El presupuesto total para la implementación de los requerimientos de seguridad humana en la edificación, de acuerdo al escenario 2, es de \$583.607.724, como se muestra en la Tabla 25:

Tabla 25. Presupuesto general del escenario 2 (Fase operativa).

Ítem	Actividad	Un.	Cant.	Valor Unitario	Valor total Incluye AIU + IVA
1	Diseño e instalación de los sistemas de seguridad humana - Edificio de Oficinas en Bogotá.				\$ 583,607,724
1.1	Sistema de evacuación para discapacitados				\$ 11,184,907
1.1.1	Diseño y planimetría				\$ 2,400,000
1.1.1.1	Elaboración de documentación técnica	GL	1.00	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000
1.1.1.2	Elaboración de planimetría	GL	1.00	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000
1.1.2	Preliminares				\$ 1,798,365
1.1.2.1	Campamento	GL	1.00	\$ 1,263,869	\$ 1,263,869
1.1.2.2	Localización y replanteo	m2	23.0	\$ 3,652	\$ 83,996
1.1.2.3	Señalización	GL	1.00	\$ 450,500	\$ 450,500
1.1.3	Adecuación de escalera existente				\$ 1,817,725
1.1.3.1	Demolición y adecuación de escalera	m2	14.5	\$ 63,128	\$ 914,725
1.1.3.2	Retiro de material	GL	1.00	\$ 350,000	\$ 350,000
1.1.3.3	Instalación de barandas con pasamanos	m	3.5	\$ 158,000	\$ 553,000
1.1.4	Estructura y concreto				\$ 2,306,318
1.1.4.1	Instalación de formaletas (Alquiler)	día	11.0	\$ 35,000	\$ 385,000
1.1.4.2	Relleno en recebo compactado	m3	7.00	\$ 220,256	\$ 1,541,794
1.1.4.3	Instalación de malla electrosoldada	m2	12.0	\$ 12,520	\$ 150,240
1.1.4.4	Fundición de concreto (3000psi)	m3	2.40	\$ 95,535	\$ 229,284
1.1.5	Acabados				\$ 2,862,500
1.1.5.1	Nivelación y texturizado	GL	1.00	\$ 18,500	\$ 18,500
1.1.5.2	Instalación de barandas con pasamanos	m	18.0	\$ 158,000	\$ 2,844,000
1.2	Sistema de extinción - Red de gabinetes				\$ 71,253,734
1.2.1	Diseño e ingeniería de detalle				\$ 4,000,000
1.2.1.1	Elaboración de documentación técnica	GL	1.00	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
1.2.1.2	Elaboración de planimetría	GL	1.00	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000

Tabla 25. Continuación.

Ítem	Actividad	Un.	Cant.	Valor Unitario	Valor total Incluye AIU + IVA
1.2.2	Preliminares				\$ 991,175
1.2.2.1	Transporte de materiales y equipos	GL	1.00	\$ 45,800	\$ 45,800
1.2.2.2	Señalización	GL	1.00	\$ 670,375	\$ 670,375
1.2.2.3	Liberación de obstrucciones	GL	1.00	\$ 275,000	\$ 275,000
1.2.3	Adecuación del sistema existente				\$ 206,250
1.2.3.1	Despresurización del sistema	GL	1.00	\$ 18,750	\$ 18,750
1.2.3.2	Desmonte de accesorios y tuberías	GL	1.00	\$ 62,500	\$ 62,500
1.2.3.3	Derivación de la red existente	GL	1.00	\$ 125,000	\$ 125,000
1.2.4	Soportería				\$ 3,610,500
1.2.4.1	Instalación de soportería	GL	1.00	\$ 3,610,500	\$ 3,610,500
1.2.5	Tubería y accesorios				\$ 38,945,093
1.2.5.1	Instalación de tuberías	GL	1.00	\$ 28,196,437	\$ 28,196,437
1.2.5.2	Instalación de accesorios	GL	1.00	\$ 10,748,656	\$ 10,748,656
1.2.6	Equipos				\$ 22,973,280
1.2.6.1	Instalación de las estaciones de control	UN	11	\$ 1,635,600	\$ 17,991,600
1.2.6.2	Instalación de gabinetes clase III	UN	22	\$ 226,440	\$ 4,981,680
1.2.7	Acabados				\$ 527,436
1.2.7.1	Perforación o desmonte de cielo raso en drywall	m2	191.1	\$ 2,760	\$ 527,436
1.3	Sistema de extinción - red de rociadores				\$ 386,790,013
1.3.1	Diseño e ingeniería de detalle				\$ 4,000,000
1.3.1.1	Elaboración de documentación técnica	GL	1.00	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
1.3.1.2	Elaboración de planimetría	GL	1.00	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000
1.3.2	Preliminares				\$ 991,175
1.3.2.1	Transporte de materiales y equipos	GL	1.00	\$ 45,800	\$ 45,800
1.3.2.2	Señalización	GL	1.00	\$ 670,375	\$ 670,375
1.3.3.2	Liberación de obstrucciones	GL	1.00	\$ 275,000	\$ 275,000
1.3.3	Soportería				\$ 55,329,440
1.3.3.1	Instalación de soportería	GL	1.00	\$ 9,539,010	\$ 9,539,010
1.3.3.1	Instalación de soportería antisísmica	GL	1.00	\$ 45,790,430	\$ 45,790,430
1.3.4	Tubería y accesorios				\$ 230,759,328
1.3.4.1	Instalación de tuberías	GL	1.00	\$ 187,048,872	\$ 187,048,872
1.3.4.2	Instalación de accesorios	GL	1.00	\$ 43,710,456	\$ 43,710,456

Tabla 25. Continuación.

Ítem	Actividad	Un.	Cant.	Valor Unitario	Valor total
1.3.5	Equipos				\$ 64,035,340
1.3.5.1	Instalación de estaciones de control	UN	11	\$ 1,635,600	\$ 17,991,600
1.3.5.2	Instalación de rociadores	UN	1340	\$ 34,361	\$ 46,043,740
1.3.6	Acabados				\$ 31,674,730
1.3.5.1	Perforación o desmonte de cielo raso en drywall	m2	650	\$ 2,760	\$ 1,794,000
1.3.5.2	Instalación de lámina de drywall en zona intervenida (incluye pintura)	m2	841	\$ 35,530	\$ 29,880,730
1.4	Sistema de detección y alarma contra incendio.				\$ 109,248,696
1.4.1	Diseño e ingeniería de detalle				\$ 4,000,000
1.4.1.1	Elaboración de documentación técnica	GL	1.00	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
1.4.1.2	Elaboración de planimetría	GL	1.00	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000
1.4.2	Preliminares				\$ 991,175
1.4.2.1	Transporte de materiales y equipos	GL	1.00	\$ 45,800	\$ 45,800
1.4.2.2	Señalización	GL	1.00	\$ 670,375	\$ 670,375
1.4.2.3	Liberación de obstrucciones	GL	1.00	\$ 275,000	\$ 275,000
1.4.3	Adecuación de tubería existente				\$ 2,268,750
1.4.3.1	Desmonte de dispositivos no compatibles	GL	1.00	\$ 660,000	\$ 660,000
1.4.3.2	Instalación de derivaciones de la red existente	GL	1.00	\$ 1,608,750	\$ 1,608,750
1.4.4	Tubería, accesorios y soportería				\$ 90,918,153
1.4.4.1	Instalación de tuberías y accesorios	GL	1.00	\$ 85,063,450	\$ 85,063,450
1.4.4.2	Montaje de soportes	UN	1.00	\$ 2,462,328	\$ 2,462,328
1.4.4.3	Cableado	GL	1.00	\$ 3,392,375	\$ 3,392,375
1.4.5	Dispositivos				\$ 11,070,618
1.4.5.1	Instalación y conexión de dispositivos	GL	1.00	\$ 11,070,618	\$ 11,070,618
1.6	Comisionamiento y pruebas				\$ 5,130,374
1.6.1	Pruebas hidrostáticas				\$ 1,245,374
1.6.1.1	Pruebas hidrostáticas de la red de gabinetes	GL	1.00	\$ 622,687	\$ 622,687
1.6.1.2	Pruebas hidrostáticas de la red de rociadores	GL	1.00	\$ 622,687	\$ 622,687
1.6.2	Pruebas de continuidad				\$ 535,000

Tabla 25. Continuación.

Ítem	Actividad	Un.	Cant.	Valor Unitario	Valor total
1.6.2.1	Prueba de continuidad del sistema de detección y alarma	GL	1.00	\$ 535,000	\$ 535,000
1.6.3	Dossier de ingeniería				\$ 3,350,000
1.6.3.1	Elaboración de documentación técnica	GL	1.00	\$ 850,000	\$ 850,000
1.6.3.2	Elaboración de planos As-Built	GL	1.00	\$ 2,500,000	\$ 2,500,000

Fuente: Elaboración propia.

6.5 FASE V: CONFRONTACIÓN DE ESCENARIOS

En la Tabla 26, se presentan los resultados generales de la fase de planeación del proyecto: Diseño e instalación de los sistemas de seguridad humana - Edificio de Oficinas en Bogotá D.C, para cada uno de los escenarios planteados:

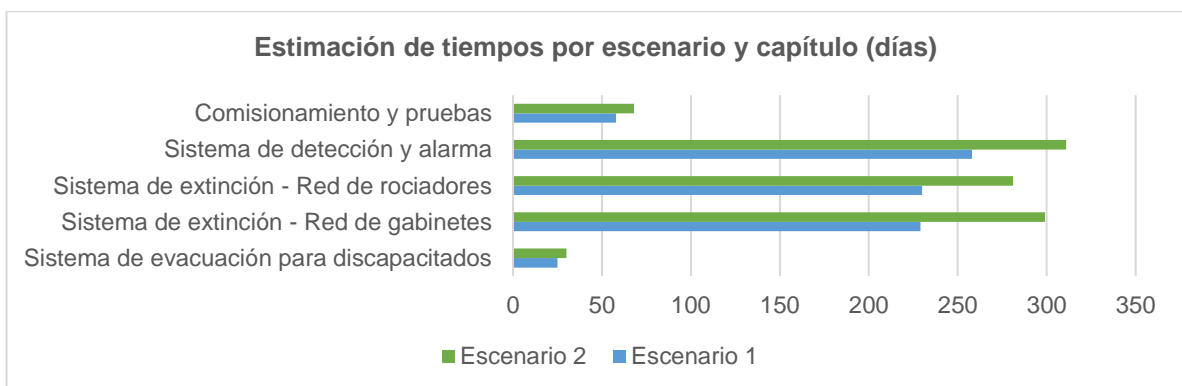
Tabla 26. Matriz de resultados de la planeación de los escenarios 1 y 2.

Criterio	Escenario	
	(1) Fase Constructiva	(2) Fase Operativa
Alcance	Al implementar el proyecto en esta fase, el alcance se enmarca directamente en las obras establecidas con respecto a los criterios de seguridad humana.	Una vez se realiza la planeación del alcance, se evidencia la necesidad de incluir actividades de obra que no corresponden al diseño de los diferentes sistemas de seguridad humana para la edificación, la mayoría de ellas enfocadas a adecuación de acabados arquitectónicos.
Tiempo	Tiempo de ejecución del proyecto: 288 días	Tiempo de ejecución proyecto: 342 días
Costo	Presupuesto Total: \$ 547,112,834	Presupuesto Total: \$ 583,607,724

Fuente: Elaboración propia

Igualmente, en la Figura 14 y la Figura 15, se presentan los resultados de la estimación del tiempo y el costo de cada uno de los escenarios:

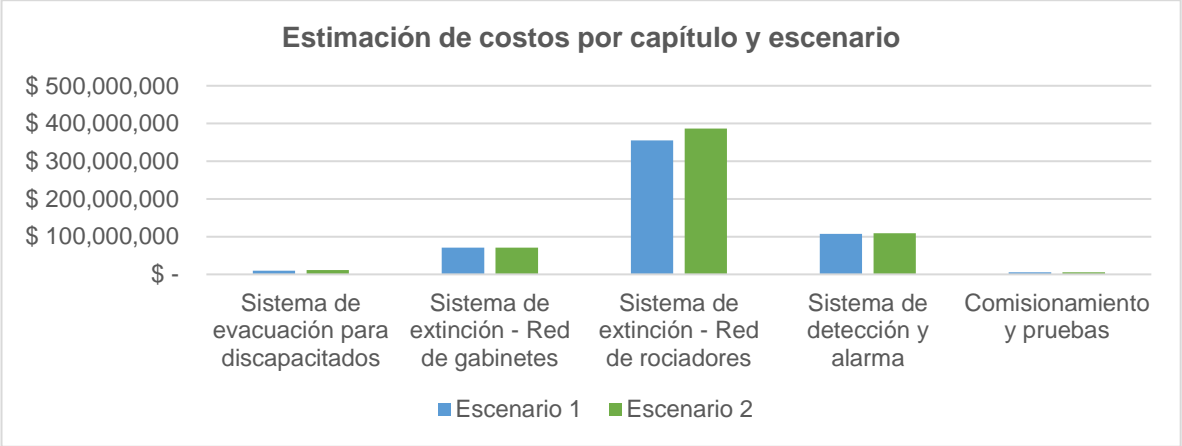
Figura 14. Estimación de tiempos por capítulo y escenario.



Fuente: Elaboración propia.

La duración de las actividades planteadas para el escenario 2 (Fase operativa), incrementaron los tiempos estimados para el proyecto en un 15.78%, equivalentes a 54 días laborales. A diferencia de la estimación de costos, el cronograma aumentó de manera proporcional para las 5 actividades generales definidas como el alcance del proyecto.

Figura 15. Estimación de costos por capítulo y escenario.



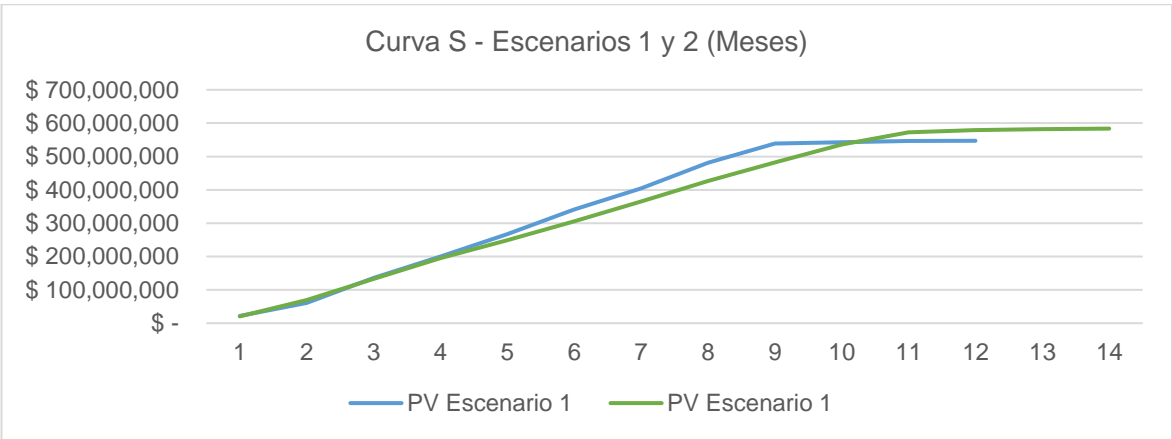
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la figura anterior, el escenario 2 (Fase operativa) tuvo un sobrecosto de \$36.494.890 correspondiente al 6.67% con respecto a la estimación de costos planteada para el escenario 1 (Fase constructiva), siendo el sistema de rociadores el de mayor impacto, con una diferencia de \$31.674.730.

Curva S y Análisis de riesgos:

Con base en la planeación de los escenarios 1 y 2, se desarrolla la curva S, como se muestra en la Figura 16:

Figura 16. Curva S de los escenarios 1 y 2.



Fuente: Elaboración propia

La fase de planeación a nivel de alcance, tiempo y costo, determinan una mayor viabilidad para el escenario 1 (fase constructiva), en el cual se evidencia una menor inversión y duración para el desarrollo de proyecto, sin embargo, esta planificación se puede ver afectada por riesgos asociados al momento en el que se ejecuta el proyecto. En la Tabla 27, se presentan los riesgos generales, la probabilidad de ocurrencia y su impacto en el alcance, tiempo y costo del proyecto:

Tabla 27. Matriz de análisis de riesgos generales por escenario*.

Riesgo	Tipo de riesgo	Escenario 1 (%) Probabilidad de ocurrencia del riesgo	Impacto**	Escenario 2 (%) Probabilidad de ocurrencia del riesgo	Impacto
Pérdida de bienes materiales y equipos a causa de un evento por incendio.	Financiero	20%	Moderado	90%	Muy Alto
Interrupción de las actividades de la empresa a causa de un evento por incendio.	Financiero	10%	Bajo	95%	Muy Alto
Incumplimiento de los criterios y requerimientos de seguridad humana de acuerdo a la normativa de obligatorio cumplimiento.	Normativo	5%	Muy bajo	100%	Muy Alto
Adecuación de tanque de suministro de agua de la red del sistema por deficiencia en la capacidad vs la demanda requerida.	Ejecución	10%	Bajo	35%	Moderado
Obstrucciones de sistemas de especialidades alternas.	Ejecución	30%	Moderado	75%	Alto
Incompatibilidad de dispositivos del sistema de detección y alarma contra incendio.	Ejecución Financiero	0%	Muy bajo	35%	Moderado
Cambio del uso o carácter inicial del espacio protegido por el sistema contra incendio.	Normativo	45%	Alto	30%	Moderado
Interrupción de la obra civil de la edificación, afectando la continuidad del proyecto.	Ejecución	50%	Alto	0%	Muy bajo
Afectación en los bienes del inmueble por filtraciones de agua de la red contra incendio durante su instalación y pruebas.	Ejecución Financiero	20%	Moderado	70%	Muy alto
Incoherencias de diseño del sistema de extinción con respecto a la obra civil.	Ejecución Normativo	40%	Alto	5%	Muy bajo

* Es importante aclarar que el riesgo de mayor relevancia es: La pérdida de vidas a causa de un evento por incendio, sin embargo, este no se incluye en la matriz debido a que su impacto no es medible a nivel de alcance, tiempo y costo del proyecto.

** El impacto es evaluado a partir de los siguientes criterios: Muy bajo (5%), bajo (10%), moderado (20%), alto (40%) y muy alto (80%).

Tabla 27. Continuación.

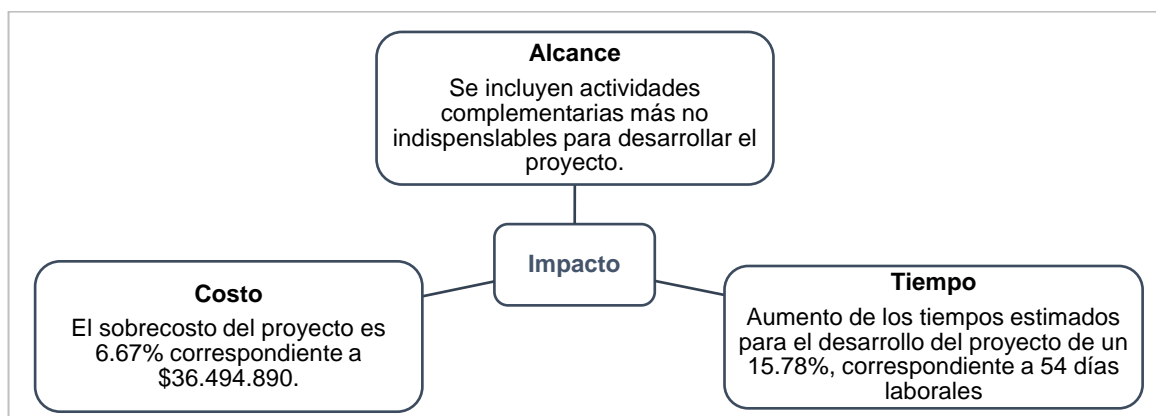
Riesgo	Tipo de riesgo	Escenario 1 (%) Probabilidad de ocurrencia del riesgo	Impacto	Escenario 2 (%) Probabilidad de ocurrencia del riesgo	Impacto
Afectación de la red contra incendio por errores durante la obra civil.	Ejecución	50%	Alto	15%	Bajo
Afectación de la red contra incendio por actividades propias de la operación del edificio a proteger.	Ejecución	20%	Moderado	20%	Moderado

Fuente: Elaboración propia

6.6 ¿CÓMO RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN?

Con base en la investigación desarrollada se determina que la fase (constructiva u operativa) en el que se implementan los requerimientos de seguridad humana en la edificación impacta en el alcance, tiempo y costo del proyecto, como se muestra en la Figura 17:

Figura 17. Impacto en el alcance, tiempo y costo del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

ALCANCE

- El alcance general para los dos escenarios planteados (fase constructiva y fase operativa) fue la implementación de los sistemas de seguridad humana en la edificación, sin embargo, como se evidencia en la EDT del escenario 2, los procesos que se incluyen para cumplir dicho alcance comprenden actividades de obra y readecuaciones complementarias que inicialmente no eran indispensables para ejecutar el proyecto, como se observa en la EDT del escenario 1. Esto implica una variación en el alcance, teniendo en cuenta la inclusión de acciones complementarias a los sistemas de seguridad humana, los cuales deben contemplarse desde la fase de planeación del proyecto.

TIEMPO

- Teniendo en cuenta la variación del alcance, debido a actividades complementarias planteadas en el escenario 2, se evidencia un aumento de los tiempos estimados para el desarrollo del proyecto de un 15.78%, correspondiente a 54 días laborales, como se observa en la Tabla 26. Matriz de resultados de la planeación de los escenarios 1 y 2. Esta variación puede ser mitigada mediante la contratación de mayor personal para el proyecto, permitiendo el trabajo simultáneo, sin embargo, se debe contemplar que algunas de las actividades son dependientes del 60% o el 100% del cumplimiento de actividades previas, igualmente esta acción implica un aumento en los costos del proyecto.

COSTOS

- El sobrecosto del escenario 2, con respecto a la inversión planteada para escenario 1 es de \$36.494.890 correspondiente al 6.67%, este valor incluye los costos de mano de obra, materiales y equipos, entre otros, requeridos para desarrollar las actividades complementarias a los sistemas de seguridad humana. Sin embargo, este valor puede aumentar teniendo en cuenta el alto porcentaje de ocurrencia de los riesgos planteados en la Tabla 27. Matriz de análisis de riesgos generales por escenario.

7. NUEVAS ÁREAS DE ESTUDIO

La seguridad humana en edificaciones ha evolucionado, generando nuevas estrategias que aumentan la eficacia de los sistemas de protección contra incendios, sin embargo, su implementación representa una inversión inicial de gran magnitud, por lo cual, se presenta como nueva área de estudio, el análisis del impacto a nivel de alcance, tiempo y costo de acuerdo con el momento o fase donde se desarrolle el proyecto, enfocado en la aplicación de sistemas de seguridad humana de última generación, esto con el fin de identificar si los resultados son similares con respecto a los sistemas convencionales que fueron evaluados en este documento.

Igualmente, la metodología planteada en esta investigación con respecto a la seguridad humana en el caso puntual de un edificio de oficinas, puede ser aplicada para el análisis de edificaciones con características diferentes, ya sean de tipo industrial, residencial o especiales, en donde la fase y el momento oportuno de la implementación del proyecto puede ser una de las variables para el análisis general del costo beneficio de la implementación de este tipo de sistemas.

8. CONCLUSIONES

- La implementación de los sistemas de seguridad humana en la fase operativa aumenta la duración del proyecto en un 15.78% equivalente 54 días laborales y genera un porcentaje de sobre costo del 6.67%, correspondientes a \$36.494.890.
- La implementación de los sistemas de seguridad humana en edificaciones de tipo comercial o servicios (oficinas) durante la fase constructiva, genera un menor impacto en el alcance, tiempo y costo durante el desarrollo del proyecto, debido a que las actividades a ejecutar se enmarcan precisamente en los sistemas de protección y no en obras complementarias que prolongan los tiempos de ejecución y aumentan los costos.
- Adicional a los costos por actividades complementarias, el aumento del presupuesto para el escenario 2 (fase operativa), se debe a la inclusión de valores de herramientas y equipos especializados para desarrollar actividades que no generen afectación en los bienes del inmueble ni requieran pausas en la operación del edificio.
- La variación del alcance entre escenarios se genera debido a las características de las actividades específicas de los mismos, ya que para el escenario 1 (fase constructiva) la planeación se enfoca en actividades de obra nueva mientras que para el escenario 2 (fase operativa) se enmarcan en readecuaciones del sistema que obligan al ejecutor del proyecto a generar diagnósticos de las redes actuales mediante pruebas previas, análisis de vigencia y compatibilidad con sistemas nuevos, entre otros.
- La gerencia de obras, enfocada en el desarrollo de proyectos de seguridad humana en edificaciones, permite planear e identificar el momento oportuno de inversión para el desarrollo de este tipo de proyectos, partiendo de un análisis de escenarios y riesgos que serán determinantes en la evaluación de costo beneficio.
- La aplicación de los requerimientos de seguridad humana durante el escenario 1 (fase constructiva), disminuye los riesgos del proyecto en un 22.5%, debido a que este escenario permite trabajar simultáneamente con otras especialidades evitando cruces entre ingenierías, igualmente la planeación y ejecución del proyecto se desarrolla con mayor agilidad debido a que no hay afectación en las actividades propias de la operación del edificio.
- La aplicación de los fundamentos para la dirección de proyectos planteados por el PMI en el área de seguridad humana en edificaciones, garantiza el análisis de variables y un correcto procedimiento en el momento de programar los tiempos de ejecución y estimar los costos.
- El cumplimiento normativo de los requerimientos de protección contra incendios y las buenas prácticas establecidas en normas internacionales durante la fase de planeación de un proyecto, garantizan una inversión única y viable, en donde los costos restantes serán generados por actividades complementarias y mantenimiento; el desconocimiento de estas normas en el desarrollo de diseños e instalación de sistemas generan reprocesos, sobre costos y ponen en riesgo la

seguridad de los ocupantes y de los bienes materiales de la edificación.

- La implementación y el diseño de los sistemas de seguridad humana deben partir de un análisis normativo aplicado a las características arquitectónicas del edificio y sus diferentes ocupaciones, de este modo se garantiza la protección mediante sistemas adecuados al nivel de riesgo, asegurado el bienestar del usuario, los bienes materiales y la continuidad de las actividades.

9. BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Rubén, GARCÍA, Alexander, ACOSTA, Catalina, LEÓN PULIDO, Jeffrey y TORRES BAHAMÓN, Hugo. Diagnóstico base para Organizaciones Asociadas rociadores y sistemas contra incendios en la Industria Colombiana, vol. 1, Bogotá: ANRACI Colombia, 2019.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO. NFPA 101. Código de Seguridad Humana, Quincy, Massachusetts, 2018.

CONCEJO DE BOGOTÁ. Acuerdo 20 de 1995. Por el cual se adopta el Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá. 20 10 1995. [En línea]. Disponible en: <https://ucatolica.codigosleyex.info/LyxNormas/view/16664/htm>. [Último acceso: 10 11 2020].

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1575 de 2012, Por medio de la cual se establece la Ley General de Bomberos de Colombia, 21 08 2012. [En línea]. Disponible en: <https://ucatolica-leyexinfo.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/normativa/detalle/ley-1575-de-2012-23602/txt>. [Último acceso: 04 11 2020].

CONSEJO LOCAL DE GESTIÓN DEL RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO CLGR-CC. Plan Local de Gestión del Riesgo y Cambio Climático PLGR-CC, Bogotá, 2019.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. Localidad 1: Usaquén - Ficha Ambiental, Bogotá, 2003.

DÍAZ PÉREZ, Vanessa. Los edificios en Bogotá no tienen sistemas certificados contra incendios. *La República*, 14 Junio 2019, p. 1.

ESCURRA, Luis Miguel. Cuantificación de la validez de contenido por criterio de jueces, 1988. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6123333>.

GÓMEZ, Cesar Martín y MAMBRILLA HERRERO, Natalia. La seguridad contra incendios y la arquitectura, Navarra, 2013.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Maria del Pilar. Metodología de la investigación, Mexico D.F: Mc Graw Hill Education, 2014.

HERNÁNDEZ, Yelixza, TORO, Paula y MONSALVE, Elkin. Evaluación de la vulnerabilidad del sistema de prevención contra incendio del Campus de la Universidad del Quindío, *Revista de investigaciones de la Universidad del Quindío*, vol. 26, nº 1, pp. 95-102, 2014.

HOPKIN, Danny. Análisis de costo-beneficio de rociadores residenciales - Aplicación de un método de valor de juicio, *Revista de seguridad contra incendios*, vol. 106, pp. 61-71, 2019.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma Técnica Colombiana - NTC 1486, 2008.

LERMA GONZÁLEZ, Héctor Daniel. Metodología de la investigación. Propuesta, anteproyecto y proyecto, Bogotá: Ecoe Ediciones, 2009.

MEACHAM, Brian, CHARTERS, David, JOHNSON, Peter y SALISBURY, Mateo. Análisis de riesgo de incendio en edificios, de *Manual SFPE de ingeniería de protección contra incendios, Quinta Edición*, Wocester, Massachusetts, 2016, pp. 2941-2991.

MÉNDEZ GÓMEZ, Luis. Mantenimiento a Sistemas Contra Incendio, México D.F, 2014.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 926 de 2010, 19 03 2010. [En línea]. Disponible en: <https://ucatolica-leyex-info.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/normativa/detalle/decreto-926-de-2010-12824/txt>. [Último acceso: 01 11 2020].

MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL, Resolución 2400 de 1979, 22 05 1979. [En línea]. Disponible en: <https://ucatolica-leyex-info.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/normativa/detalle/resolucion-2400-de-1979-17032/txt>. [Último acceso: 04 11 2020].

MOCADA, Jaime. El costo de los rociadores automáticos. *NFPA Journal en español*, p. 1.

MOCADA, Jaime. Fiabilidad, eficacia y costo-beneficio en sistemas contra incendios, *NFPA Journal en español*, p. 1.

MOCADA, Jaime. La Efectividad de los rociadores automáticos. *NFPA Journal en español*, p. 1.

MOCADA, Jaime. Protección contra incendios durante la construcción, *NFPA Journal en español*, p. 1.

PÉREZ GUERRERO, Adolfo. Cálculo estimado de vías y tiempos de evacuación, 1999.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos - Guía PMBOK Sexta Edición, Newtown, Pennsylvania: Project

Management Institute, 2017.

RAMACHANDRAN, Ganapathy. y CHARTERS, David. Evaluación cuantitativa de riesgos en seguridad contra incendios, vol. 9780203937693, 2011, pp. 1-369.

RODRÍGUEZ NEIRA, José Antonio. Instalaciones de protección contra incendios, Madrid: Fundación Confemetal, 2008.

ROJAS, Víctor Miguel. Metodología de la investigación. Diseño y ejecución, Bogotá: Ediciones de la U, 2011.

Título A - Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente, de *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*, Bogotá, 2010, p. 128.

Título J - Requisitos de protección contra incendios en edificaciones, de *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*, Bogotá, 2010.

Título K - Requisitos Complementarios, de *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*, Bogotá, 2010.

TORRES BAHAMÓN, Hugo. Cadena de valor de la protección contra incendios en Colombia. Segmentos, actores y estructura del sector., ANRACI Colombia, 2020.

TRÁVEZ PADILLA, Maria Augusta. Análisis Costo/Beneficio del Sistema de Prevención de Incendios en la Planta De Producción de una Industria Farmacéutica, Quito, 2012.